KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A Radio

ROČNÍK IV/1999. ČÍSLO 3

Amatérské RADIO

ŘADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

ROČNÍK XLVIII/1999. ČÍSLO 3

V TOMTO SEŠITĚ

KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO
Vydavatel: AMARO spol. s r. o.
Redakce: Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: (02) 57 31 73 11, tel./fax: (02) 57 31 73 10.
Šéfredaktor ing. Josef Kellner, sekretářka redakce Eva Kelárková, tel. 543 825, l. 268.
Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 30 Kč. Celoroční předplatné 180 Kč.
Rozšiřuje PNS a. s., Transpress s. s r. o., Mediaprint a Kapa, soukromí distributoři, informace o předplatném podá a objednávky přijímá Amaro s. s r. o., Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel./fax (02) 57 31 73 13, PNS, pošta, doručovatel.
Objednávky a predplatné v Slovenskej republike vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., P. O. BOX 169, 830 00 Bratislava, tel./fax (07) 44454559 - predplatné, (07) 44454628 - administratíva. Predplatné na rok 204,- SK.
Podávání novinových zásilek povolila Česká pošta s. p., OZ Praha (čj. nov 6028/96 ze dne 1. 2. 1996).
Inzerci přijímá redakce ARadio, Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: (02) 57 31 73 11, tel./fax: 57 31 73 10.
Inzerci v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, 821 02 Bratislava, tel./fax (07) 44450693.
Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor. Nevyžádané rukopisy nevracíme.
E-mail: a-radio@login.cz
Internet: http://www.spinet.cz/aradio
ISSN 1211-3557

Dějiny přenosu zpráv na dálku

Kapitola z historie elektřiny a magnetismu

Ing. Jiří Peček, OK2QX

Claude Chappe a jeho telegraf

Jistě to nebyla jen náhoda, že na konci 18. století, přibližně v době francouzské revoluce, byl uveden do provozu jako prostředek k rychlému předávání zpráv první použitelný optický telegraf.

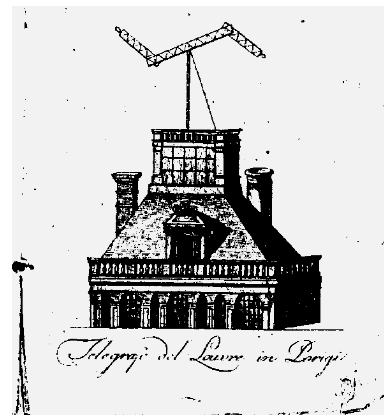
Spolu se svými bratry Abrahamem a Ignácem sestavil francouzský duchovní a - můžeme říci - především technik Claude Chappe (narozen 25. 12. 1763 v Brulonu) zařízení, které sám nazval „Tachygraph“. Toto zařízení sestávalo z pět metrů vysokého dřevěného lešení. Na něm bylo možné pohybovat pomocí kladek a provazů třemi rameny, která svou polohou umožňovala rozlišit 196 různých znaků.

Takováto zařízení - v dnešní terminologii bychom řekli telegrafní nebo spíše signální stanice - byla umístěna na věžích nebo na vysokých budovách tak, aby byla od jednoho ke druhému dobrá viditelnost. Dařilo se to dokonce až na vzálenost 11 km. K výbavě každé takové signální stanice patřila i dlouhá roura, pomocí které se četly signály obou sousedních stanic.

Je až neuvěřitelné, že s těmito (z dnešního pohledu) primitivními prostředky bylo možné přenést jednu značku během jedné minuty až na vzdálenost 135 km přes 16 stanic! Funkčnost ovšem byla silně závislá na počasí, ale i tak byly stanice v provozu průměrně 6 hodin denně.

Chappe svůj vynález předvedl poprvé roku 1791 v Paříži. Zprvu však bylo jeho zařízení posuzováno spíše z negativních stránek a např. z obavy, aby s jeho pomocí nebylo možné přenášet zprávy do Bastily, kde byl tehdy uvězněn král Ludvík XVI, byly již zřízené stanice dvakrát zničeny.

Chappe, který tehdy hledal každou příležitost, jak svůj objev uplatnit, měl v úmyslu zřídit linku na francouzské hranice, k přenosu vojenských povelů k revoluční armádě. Francouzský konvent však tuto možnost nevyužil a Chappe získal teprve v roce 1793 souhlas ke zřízení jedné trasy poblíž Paříže k odzkoušení. Avšak ještě ve stejném roce dostal zakázku od konventu na zřízení trasy z Paříže do Lile v délce 240 km. Tam bylo potřebné



Titulní ilustrace z příručky, jak ovládat Chappovy semaforové telegrafy [1]

vybudovat celkem 22 stanic a je s podivem, že linka byla již v následujícím roce v provozu!

V dalších letech se tento telegraf velmi rozšířil, používal jej dokonce i Napoleon Bonaparte při svých válečných výpravách. Pro rychlé vojenské přesuny bylo používáno několik mobilních stanic (télégraphes ambulants), které byly montovány na vozech!

„Abeceda“ pro Chappův telegraf. Různá postavení ramen značila různá písmena [1]

Vynálezce tohoto systému optického telegrafu si představoval, že bude uznáván tehdejšími mocnými Francie, a že se dostane mezi nejvyšší společenské vrstvy. To se však nestalo a nedošel uznání ani mezi prostými lidmi. Byl z toho zoufalý a 23. 1. 1805 si vzal život.

Philipp Mathäus Hahn

Narodil se 25. 11. 1739 ve Scharnhausenu poblíž Esslingenu, jeho otec tam byl farářem. Již od čtyř let dostával od otce lekce z latiny, řečtiny a hebrejštiny. V roce 1756 se přestěhovali a to umožnilo mladému Hahnovi jako stipendistovi další studium teologie a filosofie. Ovšem se stipendiem to nebylo nijak valné a v letech 1757 až 1760 nesmírně strádal a hladověl. Peníze, které získával jako stipendista, nestačily ani na polovinu nutných výdajů. V té době se snažil si pomáhat výrobou slunečních hodin.

Po vystudování získal místo pomocného faráře a teprve v roce 1764 nastoupil jako farář v Onsmettingenu na místo po svém otci. Konečně si vylepšil své materiální postavení, zařídil si dílnu pro jemnou mechaniku a zaměstnával v ní dokonce i dělníky. Později za pomoci svého syna vyráběl malé přesné hodiny, velmi přesné hodiny astronomické a přesné váhy. Jeho dílna byla předchůdcem dnešního rozvinutého průmyslu jemné mechaniky ve Wirtenberském regionu.

Pro výrobu hodin musel provádět velmi zdlouhavé a složité výpočty a proto se rozhodl, že na základě Leibnitzových (1646 - 1716) pokusů vyrobí počítací stroj. Podle Leibnitzova teoretického návrhu zhotovil první vzorek mechanického počítače již německý mechanik Jacob Leupold (1674 - 1727). Hahn „znovuobjevil“ mechanický počítací stroj, jehož hlavním mediem byl stupňovitý buben a složitá soustava pák, pohybujících se po bubnu, a je s podivem, že toto mechanické monstrum, které bylo vlastně prvým továrně vyrobeným výpočetním strojem, se v několika exemplářích dochovalo a je dodnes funkční.

O Hahnovu práci projevil zájem tehdejší vládce panství, ve kterém žil, a Hahn byl přeložen roku 1770 na lépe placenou faru. O jeho pozdějších aktivitách nemáme zprávy, zřejmě skončil s výrobou, jakmile měl dostatek prostředků. 2. května 1790 umírá v Echlerdingu muž, který sestrojením mechanického výpočetního stroje byl předchůdcem dnešních informačních systémů.

Luigi Galvani

Narodil se 9. září 1737 v Bologni v zámožné rodině. Rodiče jej směrovali ke studiu na univerzitě v rodném městě a studentem byl skutečně vynikajícím, takže byl roku 1766 jmenován profesorem anatomie.

Výsledky vědeckých pokusů severoamerického fyzika a politika Benjamina Franklina (1706 - 1790) a také dalších vědců se tehdy poměrně rychle šířily do světa a Galvani se s nimi také seznamoval. Zcela náhodně zpozoroval dne 6.11.1789 při nepohodě, která byla venku, že čerstvě preparovaná žabí stehýnka, visící na kovových háčcích, při každém atmosférickém výboji sebou škubla. Tyto záškuby bylo možno vyvolat také uměle, když se uzavřel proudokruh mezi vlhkým stehýnkem a dvěma různými kovy.

Jako anatom přisoudil Galvani tento jev doposud nepoznané „zvířecí elektřině“. S tímto poznatkem, který Galvani zveřejnil roku 1791, se seznámil Alessandro Volta, který vzápětí zjistil, o co jde. Osobnosti Voltově odpovídá, že svůj objev nazval galvanismem. Luigi Galvani zemřel 4. 12. 1798 v Bologni.

Charles Augustin de Coulomb

Chování elektrických nábojů v moderních elektronických komunikačních systémech je určeno přesnými zákonitostmi. O jejich prvé poznání se zasloužil francouzský fyzik Charles Augustin de Coulomb.

Coulomb pocházel ze šlechtické rodiny, která žila na jihu Francie, narodil se 14. 6. 1736 v Angouléme. Studoval matematiku v Paříži, pak přírodní vědy a přijal místo u vojska jako důstojník. V začátcích své kariéry byl převelen na karibský ostrov Martinique s pověřením řídit stavby pevností. Strávil tam dlouhých devět let. Zlořády, které panovaly mezi koloniálními úředníky, jej však nenechávaly klidným, a tak tento potomek šlechtického rodu inklinoval k názorům představitelů Francouzské revoluce.

Aby si zpříjemnil jednotvárnou vojenskou službu, zabýval se Coulomb přírodovědnými pracemi z oblasti mechaniky a statiky. Nepříjemné klima na Martiniku poznamenalo jeho zdraví, a tak se roku 1776 vrací zpět do Francie.

Doma se Coulomb zabýval hlavně vědou. Snažil se zdokonalit tehdejší navigační přístroje a studoval magnetismus. Jeho zcela nová konstrukce kompasu, jakož i další inženýrsko-technické studie vzbudily pozornost Francouzské akademie, a ta jej přijala za svého člena. Jeho otočné váhy (zkonstruované roku 1785), jejichž princip byl základem později po něm pojmenované Coulombovy torzní váhy, pracovaly již s využitím pružnosti drátu v krutu. Předtím velmi pomohl jiným vědcům s objevy v oblasti meze pevnosti u těles a s dalšími objevy, souvisejícími s třením a s torzními kmity. Své poznatky popsal v práci nazvané „Recherches théoretiques et experimentales sur la force de torsion et sur l'elasticité des fils de métal“.

Coulombovy váhy byly prvým prakticky použitelným přístrojem pro měření elektrostatických a magnetostatických množství. S tímto přístrojem se mu podařilo poznat a formulovat zákony silových účinků mezi elektrickými náboji nebo magnetickými póly, čímž byl položen základ pro magnetostatiku a elektrostatiku. Výsledky svých pokusů s elektřinou a magnetismem popsal celkem v sedmi pracích, které vydal v letech 1785-1789. Jeho základní zákon, dnes známý jako Coulombův zákon, má matematické vyjádření:

$$F = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}.$$

Slovní formulace Coulombova zákona zní: Síla (*F*), kterou na sebe působí dvě bodová elektrická množství (Q_1, Q_2), je přímo úměrná součinu těchto množství a nepřímo úměrná součinu dielektrické konstanty (ε) prostředí (pro vakuum je $\varepsilon = 1$) a čtverce vzdálenosti (*r*) těchto množství. Stejnojmenná množství se vzájemně odpuzují, kdežto elektrická množství s rozdílnými znaménky se přitahují.

Obdobný zákon platí i pro množství magnetická, ta však nemohou existovat jednoho znaménka sama o sobě a místo dielektrických konstant prostředí mluvíme o magnetické permeabilitě prostředí, kterou označujeme μ.

Coulomb byl ovšem aktivní i v jiných oblastech. Zajímal se o školský systém a pracoval na jeho zdokonalení, byl generálním inspektorem vodních zdrojů, ale pro opoziční postoje vůči hospodaření krále Ludvíka XVI (1774 - 1792) se musel vzdát veřejné činnosti.

Po výbuchu Francouzské revoluce odejel na svůj statek blízko Blois, kde se dále věnoval vědecké práci. Napoleon Bonaparte jej však po svém nástupu znovu jmenoval do všech dřívějších funkcí a v nich setrval až do smrti. Zemřel v Paříži 23. 8. 1806. Na jeho počest byla pojmenována jednotka elektrického množství *Q* jedním Coulombem [C]. V mezinárodním systému jednotek MKSA je 1 C = 1 As.

Hans Christian Oersted

Oersted byl dánský fyzik, který se narodil 18. 8. 1777 v Rudkobingu. Byl profesorem na technické vysoké škole v Kodani a v roce 1820 si při jednom z pokusů, když pouštěl proud do elektrického obvodu, v jehož blízkosti byla zmagnetizovaná jehla, všiml, že se tato jehla vychýlila. To jej zaujalo natolik, že se pak delší dobu věnoval podobným pokusům, zkoumal, jaký mají vliv na vychýlení jehly materiály, které vkládal mezi vodiče a zmagnetizovanou jehlu atd.

Jakmile si byl jist tím, že objevil něco dosud nepoznaného, napsal o tomto objevu různým vědcům. Tím umožnil, že zakrátko nato byl sestrojen elektromagnet, Ampér formuloval pravidlo k určení magnetického pole kolem vodiče protékaného proudem atd. Oersted zemřel 9. 3. 1851.

Literatura

[1] Antique Radio č. 28, 6/1999.
[2] *Novák, V.:* O magnetismu a elektřině. J. Otto, Praha b.r.
[3] *Locci, M.:* Historie fyziky. Mír, Moskva 1970.
[4] *Klůna, J; Hrubý, V.:* Technika a vojenství včera, dnes a zítra. Naše Vojsko, Praha 1989.

NF TECHNIKA

Ing. Zdeněk Zátopek

Úvod

Cílem tohoto čísla Konstrukční elektroniky A Radia je nabídnout všem, kteří se zabývají elektronickou činností, několik zajímavých konstrukcí.

Konstrukce jsou navrhovány tak, aby je dokázali postavit, osadit a oživit radioamatéři, kteří jsou vybaveni alespoň minimálními znalostmi z elektroniky.

Bez základního poznání elektrotechnických a fyzikálních principů je mnoho tzv. „radioamatérů" rozčarováno nezdařenou konstrukcí, následně obviňují autora z nesérioznosti, příslušnou redakci odborného časopisu z neschopnosti a bůhví co ještě. Přitom stačí skutečně jen velmi málo, tj. občas si přečíst nějaký odborný článek, popisující podobnou problematiku, prostudovat vhodnou učebnici, prolistovat konstrukční katalog nebo aplikační zapojení, navštívit svého známého kolegu, oplývajícího již většími zkušenostmi, a nebo nakonec navštívit nějaký blízký radiotechnický kroužek nebo radioklub.

Na radioamatérské činnosti je nejkrásnější možnost provádět nejrůznější experimenty a laborování, které pak v mnoha případech vedou k ještě lepším výsledkům, než jakých dosáhl autor s navrhovanými součástkami, který předkládá výsledky svých experimentů a laborování k posouzení právě této radioamatérské veřejnosti.

Když se však stane radioamatérská cesta jen cestou komerční, s touhou postavit si něco, co je v obchodě svými parametry velice podobné, ale mnohonásobně dražší, pak se právě zde setkáte s problémem jak dál, a hledáte místo cesty poznání cestu obviňování, která je určitě cestou snazší, ale pro poznání radioamatéra je cestou zcela nevhodnou a slepou.

Je nutno se v této hektické a pokrokem převratné době na chvíli zastavit, setřást ze sebe nahromaděný stres, relaxovat a načerpat nových sil do dalších budoucích dnů. Jednou z cest k naplnění tohoto nelehkého, ale velice ušlechtilého cíle může být právě radioamatérská činnost, která dokázala přežít nejrůznější doby. Tato činnost, díky výměně vzájemných zkušeností a poznání mezi radioamatéry, nespěje ke svému zániku a nadále se rozvíjí, i když ne takovým tempem, jak by se dalo očekávat.

Důvodů k tomuto menšímu růstu je několik, ale je zbytečné na těchto stránkách je rozebírat. Snad by stála za zmínku jen důležitá skutečnost, že je nutno neustále především mezi některými distribučními firmami elektronických součástek podstatně zvyšovat jejich úroveň dobře školenými prodavači a ostatním personálem, kteří věci rozumějí a elektronické součástky prodávají s láskou a ne s donucením a jsou ochotni poradit a obsloužit zákazníka, lepším zásobováním elektronickými součástkami moderních typů za přiměřené prodejní ceny bez vidiny rychlého zbohatnutí (což se nedá v naší zemi v mnoha případech vyvrátit a vidina rychlého zbohatnutí převládá), omezením prodeje a dovozu technicky zastaralých a z hlediska výroby výběhových typů z nejrůznějších nadnormativních zásob (pro obchodní společnosti cenově velice zajímavých), poskytováním technických informací o nabízených součástkách, aplikačních zapojení doporučovaných výrobci, nabízením konstrukčních katalogů apod.

Pro obchodní společnosti je to cesta trnitá, ale jedině správná, která se rozhodně zužitkuje v nárůstu počtu nových konstrukcí a tím následného zvětšení obchodního obratu společností, které dokáží své služby dobře nabídnout a dokáží uspokojit potřeby radioamatérských zákazníků. A právě o upokojování potřeb a přání zákazníka by nám mělo především všem jít! Vždyť každý z nás má svého potencionálního zákazníka, kterému nějakým způsobem „slouží".

Konstrukce byly vybírány tak, aby obsáhly nejčastější a nejoblíbenější oblasti radioamatérské činnosti, a aby osazení a oživení nečinily při dodržení všeobecně platných zásad kontroly plošných spojů (přerušení, bubliny a měděné můstky) a pasivních součástek (proměření jejich případného přerušení nebo velikosti svodového odporu) větší problémy s dosažením požadovaného efektu a výsledku.

Součástky byly voleny tak, aby jejich dostupnost na našem součástkovém trhu v době psaní těchto řádků byla zcela bezproblémová a při trošce pověstného amatérského snažení nebo při objednání součástek u zásilkových služeb byl jejich úspěšný nákup zajištěn.

Přístrojové vybavení, potřebné ke stavbě a oživování, je skutečně minimální. Je zapotřebí vhodná páječka, trubičkový cín PbSn60 s kalafunou o průměrem 1 mm, digitální multimetr, odsávačka cínu, štípací kleště, pinzeta, šroubovák a miniaturní vrtačka s příslušnými vrtáky na plošné spoje.

Mnoho radosti a potěšení při pročítání dalších řádků tohoto čísla konstruktérského časopisu a při oživování stavebnic Vám z celého srdce přeje autor, který si vytyčil za cíl poskytnout širokému spektru „čtenářů - zákazníků" co nejvíce informací, uspořádaných do bloků z nízkofrekvenční techniky.

Věřím, že se Vám bude toto předložené číslo časopisu líbit, tak jak se většinou líbila i podobně koncipovaná čísla, publikovaná v minulosti. Za případné chybičky, které se do článků občas nechtěně vloudí, se již předem omlouvám a věřím, že duch experimentování a „laborování" se i v tomto případě naplní a zvítězí.

Mezi neoblíbenější konstrukce mezi radioamatéry patří bezesporu stavby nízkofrekvenčních zesilovačů s nejrůznějším stupněm složitosti a doplňkovým vybavením. Stavba současných zesilovačů se díky moderním výkonovým integrovaným obvodům natolik zjednodušila, že již není nutno nic pracně nastavovat a reprodukovatelnost dané konstrukce je stoprocentní.

I zde si představíme některé konstrukce nízkofrekvenčních zesilovačů, které jsou zapojením a funkcí velice podobné zesilovačům, uváděným v minulosti, ale přesto jsou jiné a doplňují široké spektrum variability a univerzálnosti. Některé složitější konstrukce jsou pro přehlednost rozděleny do bloků.

Nf zesilovače

Mezi širokými vrstvami radioamatérské veřejnosti se vyskytují nadšenci, kteří si chtějí postavit úplný zesilovač, který by byl dostatečně výkonný, součástkově nenáročný a splňoval by parametry normy DIN - kategorie hifi.

V uplynulých letech, kdy na stránkách různých odborných časopisů byly otištěny nízkofrekvenční zesilovače nejrůznějších výkonů a konstrukcí se ukázalo, že nejvíce je používána střední třída výkonu, tj. sinusový výkon asi 40 W na kanál. Tento výkon, který není ve většině případů ani plně využíván (a to hlavně v „sídlištních bytech"), poskytuje uživatelům dostatečnou výkonovou rezervu, která významně zlepšuje stabilitu zapojení, zmenšuje nároky na chlazení a přispí-

vá k velmi malému harmonickému a intermodulačnímu zkreslení.

Zesilovače středního výkonu, které předcházely zesilovačům popsaným v tomto časopise, jsem zveřejnil např. v [1], [2] a [3].

V této Konstrukční elektronice předkládám (pro větší variabilnost a možnost výběru mezi jednotlivými typy) dalších pět konstrukcí zesilovačů kategorie 2x 40 až 50 W - zesilovač A až zesilovač E.

Zesilovač A je osazen výkonovými obvody LM3875 a korekčním obvodem LM1036N. Zesilovač je doplněn obvodem se dvěma relé pro ochranu reproduktorů před zničením stejnosměrným proudem.

Zesilovač B má stejné osazení, ale má zjednodušenou ochranu reproduktorů (jedno relé).

Zesilovač C obsahuje výkonové obvody LM3875, korekční obvod KA2107 a ochranu reproduktorů se dvěma relé.

Zesilovač D je osazen výkonovým obvodem STK4191II (2x 50 W) a korekčním obvodem TDA4292. Tento zesilovač není vybaven obvodem pro ochranu reproduktorů.

Zesilovač E je osazen výkonovým obvodem STK4191II a korekčním obvodem KA2107. Ani tento zesilovač nemá ochranu reproduktorů.

Korekční zesilovač s IO LM1036N je doplněn funkcí WIDE (rozšíření stereofonní báze) a jedná se o skutečně kvalitní hifi obvod. Korekční zesilovač s KA2107 je též velice zajímavý, i když neposkytuje tolik komfortu jako varianty s LM1036N nebo s TDA4292.

Jako doplněk k zesilovačům je popsán přepínač funkcí s ovládacími tlačítky pro volbu vstupů a zapínání funkcí WIDE a FYZIOLOGIE (fyziologické ovládání hlasitosti) a indikátor vybuzení s LED.

Každý ze zesilovačů A až D je zkonstruován na jedné desce s plošnými spoji o rozměrech 170 x 145 mm. Mimo desku je umístěn napájecí síťový transformátor, přepínač funkcí a indikátor vybuzení.

Zapojení zesilovačů A až D je možno rozdělit do čtyř funkčních bloků - na přepínač vstupů, korekční zesilovač, výkonový zesilovač a napájecí zdroj. I když se zapojení zesilovačů liší pouze použitím různých integrovaných obvodů v některých blocích, jsou schémata bloků uvedena u jednotlivých zesilovačů opakovaně, protože se liší číslováním součástek.

V dalším textu odpovídá pořadí popisu bloků tomu, jak by měla postupovat stavba a oživování zesilovačů ke zdárnému konci.

Zesilovač A (2x 40 W)

Technické údaje

Sinusový výkon:
min. 2x 40 W při 0,2 % harm. zkreslení.

Kmitočtová charakteristika:
30 Hz až 30 kHz/3 dB.

Zatěžovací impedance: 4 Ω.

Ochrana reproduktoru:
proti ss napětí a zkratu na výstupu.

Přebuditelnost vstupů: min. 16 dB.

Vstupní citlivost:
gramofonový vstup: 2,5 mV/47 kΩ,
lineární vstupy: 100 mV/100 kΩ.

Odstup signál/šum:
gramofon. vstup: min. 62 dB,
lineární vstupy: min. 65 dB.

Indikace výkonu:
páskový indikátor LED s log. stupnicí.

Napájecí zdroj

Zesilovač je vhodné začít stavět a oživovat od napájecího zdroje. Schéma napájecího zdroje je na obr. 1.

Síťové napětí je přiváděno přes kolébkový síťový spínač s integrovanou LED zelené barvy a přes tavnou trubičkovou pojistkou PO1 (5 x 20 mm) na primární vinutí transformátoru TR1. Mezi vstupní svorky transformátoru je zapojen odrušovací kondenzátor C100. Kapacita tohoto svitkového kondenzátoru může být v rozmezí 10 až 47 nF. Nezbytnou podmínkou však je, že C100 musí být dimenzován na minimální provozní napětí 630 V.

Pro zmenšení indukce rušivého magnetického pole do vstupních obvodů zesilovače je použit toroidní transformátor, který je celkově malý a relativně lehký, ale na druhé straně je o něco dražší než transformátor na jádře EI. Pokud se rozhodnete pro transformátor složený z plechů EI, doporučuji stínit transformátor plechovým krytem z permaloye.

TR1 má dvě sekundární vinutí. Jedno vinutí je silové pro napájení výkonového zesilovače a indikátoru vybuzení, druhé pomocné vinutí je určeno pro napájení přepínače vstupů, korekčního zesilovače a přepínače funkcí.

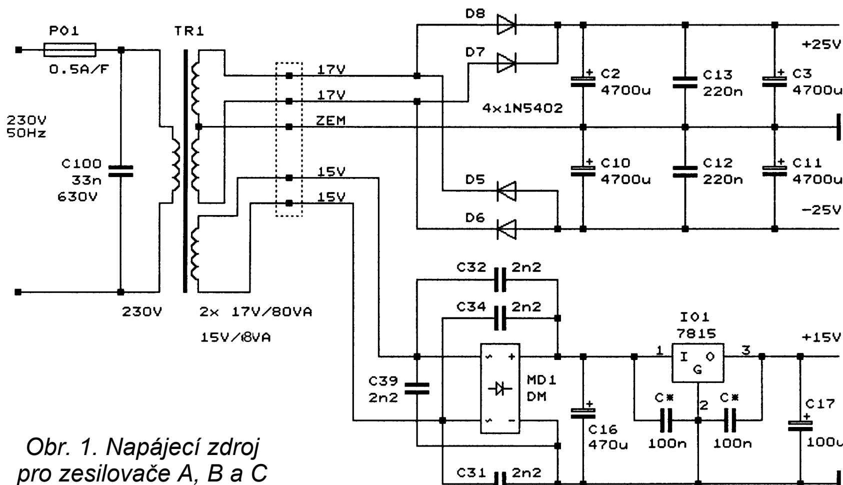
Silové napětí 17 V/80 VA z TR1 je přiváděno na dvojcestný usměrňovač, složený z diod D5 až D8 typu 1N5402. Tyto diody jsou určeny pro maximální usměrněný proud 3 A. Pro zmenšení výkonového namáhání usměrňovacích diod můžeme použít typ určený pro zatížení 5 A. Tím zmenšíme namáhání diod, ale zároveň zvětšíme pořizovací cenu součástek.

Usměrněné tepavé napětí o kmitočtu 100 Hz je v kladné větvi napájení vyhlazeno elektrolytickými kondenzátory C2 a C3 a keramickým kondenzátorem C13; v záporné větvi napájení je vyhlazeno elektrolytickými kondenzátory C10 a C11 a keramickým kondenzátorem C12. Kapacita elektrolytických kondenzátorů je dostatečná pro potlačení poklesu napájecího napětí při proudových „špičkách“ výkonového zesilovače, které se nejvíce vyskytují v hudbě bohaté na basy a údery bubnů.

Napětí 15 V z pomocného vinutí je též usměrněno křemíkovými diodami, které jsou zapojeny jako Graetzův můstkový usměrňovač MD1. Rušivé impulsy, vznikající při spínání usměrňovacích diod, jsou potlačovány keramickými kondenzátory C31, C32, C34 a C39. Usměrněné napětí je vyhlazováno elektrolytickým kondenzátorem C16 a stabilizováno plastovým stabilizátorem IO1 na velikost +15 V. Na straně plošných spojů jsou k vývodům IO1 připájeny keramické kondenzátory C* o kapacitě 100 nF. Jejich kapacita není kritická a může se pohybovat v rozmezí 10 až 220 nF. Kapacita 100 nF se však ukázala při různých měřeních jako optimální. Vyskytly se dokonce i takové plastové stabilizátory, které tyto kondenzátory vůbec nevyžadovaly. Stabilizované stejnosměrné napětí +15 V je ještě filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C17.

Po zběžné kontrole desky s plošnými spoji můžeme postupně osadit a pečlivě zapájet první součástky. K připojení transformátoru je možno použít svorkovničku typu ARK 550/3 nebo pájecí špičky. Také je možné připájet vodiče přímo k ploškám plošných spojů. Je to jen otázkou vkusu a nároků konstruktéra.

Po zapájení spojů a připojení síťového napětí bychom měli naměřit na kondenzátoru C3 napětí asi +25 V a na kondenzátoru C11 napětí asi -25 V. Na kladném pólu elektrolytického



Obr. 1. Napájecí zdroj pro zesilovače A, B a C

kondenzátoru C17 bychom měli naměřit napětí asi +15 V. Tolerance 5 % není na závadu. Pokud mají měřená napětí požadovanou velikost, odpojíme síťové napětí a vybijeme elektrolytické kondenzátory pomocí pinzety, kterou „zkratujeme“ vývody kondenzátorů C2 a C10. Při častějším zapínání a vypínání zdroje doporučuji připájet na straně plošných spojů k vývodům těchto kondenzátorů rezistory s odporem 560 až 1000 Ω. Rezistory rychle a účinně vybijí vyhlazovací elektrolytické kondenzátory.

Seznam součástek napájecího zdroje pro zesilovače A, B a C

Kondenzátory

C2, C3, C10, C11	4700 µF/35 (25) V, SKR
C12, C13	220 nF/40 V, keram.
C16	470 µF/25 V, SKR
C17	100 µF/16 V, SKR
C31, C32, C34, C39	2,2 nF/40 V, keram.
C100	33 nF/630 V, TC 208
C*	100 nF/40 V, keram.

Polovodiče

D5, D6, D7, D8	1N5402
MD1	diodový můstek DIP
IO1	LM7815

Ostatní součástky

TR1	transformátor toroidní, 230 V//2x 17 V/80 VA, 15 V/8 VA
PO1	trubičková pojistka 5 x 20 mm, 0,5 A/F

Výkonový zesilovač

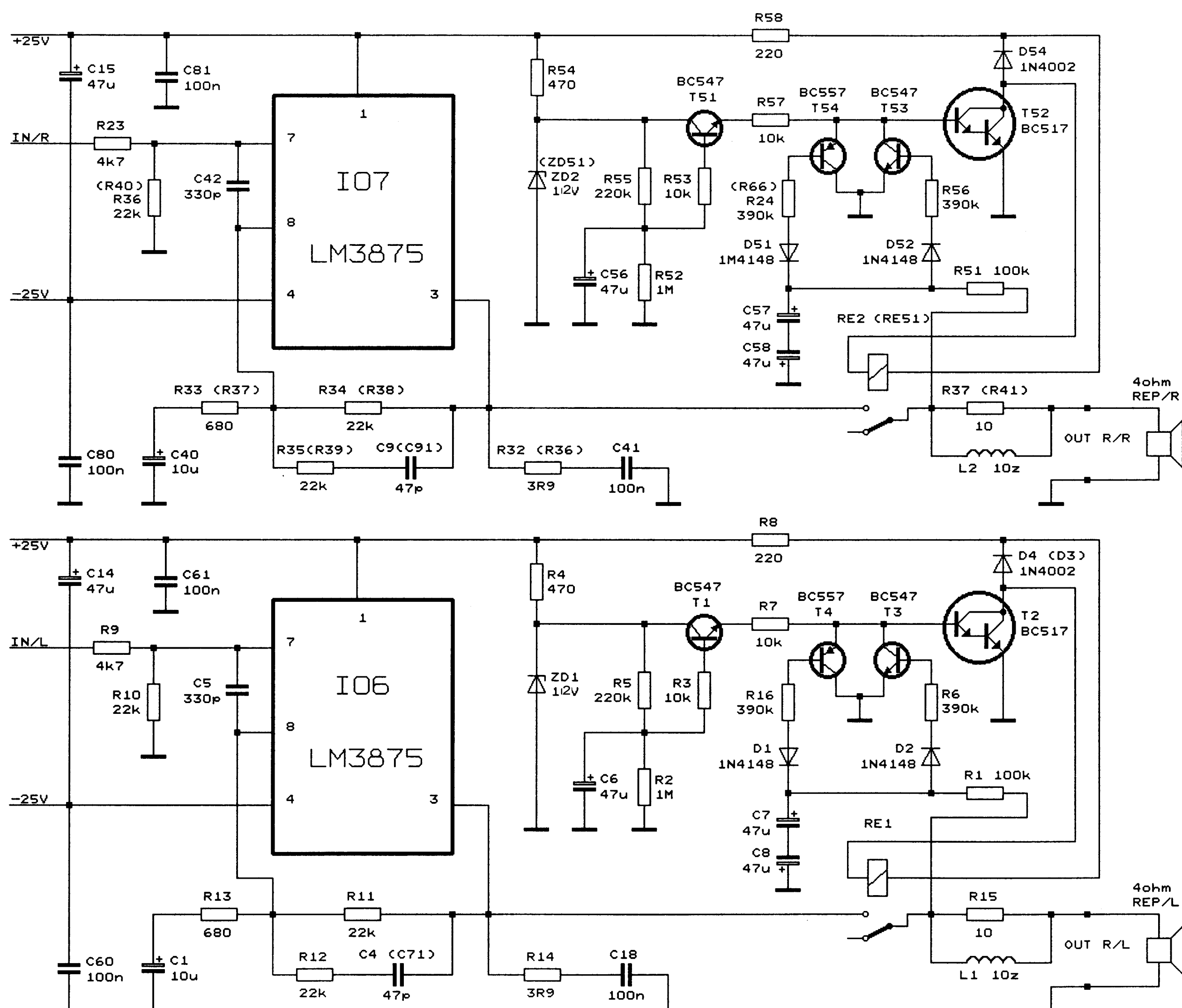
Dalším krokem po osazení a oživení napájecího zdroje je zapojení výkonového zesilovače.

Schéma výkonového zesilovače je na obr. 2. Nf signál je zesilován monoliticky̌mi výkonovými zesilovači IO6 a IO7 typu LM3875. Popíšeme si zde zapojení např. levého kanálu.

Vstupní nf signál je přiváděn přes oddělovací rezistor R9 na neinvertující vstup IO6 - na vývod *7*. Vstupní odpor zesilovače je určen odporem rezistoru R10. Proti kmitání v nadakustickém pásmu a pro zvětšení stability je na vstupu kromě rezistoru R9 připojen ještě keramický kondenzátor C5. Napěťové zesílení zesilovače je nastaveno zpětnovazebním děličem R11 a R13 na velikost 30. Pro další zvětšení stability výkonového zesilovače je do obvodu zpětné vazby zapojen člen *RC*, složený z rezistoru R12 a keramického kondenzátoru C4. Napájecí napětí je filtrováno v blízkosti koncového stupně elektrolytickým kondenzátorem C14 a keramickými kondenzátory C60 a C61. Na výstupu zesilovače je zapojen obvyklý Boucherottův člen *RC* (R14, C18) a článek *RL* (složený ze vzduchové cívky L1 a rezistoru R15). Cívky L1 a L2 jsou samonosné a jsou zhotoveny navinutím deseti závitů měděného drátu o průměru 1 mm s lakovou izolací na průměr 8 mm. Do cívek jsou vloženy a připájeny rezistory R15 a R37 (R41).

Symetricky napájené zesilovače mají tu nevýhodu, že v případě poruchy se může na reproduktor dostat jedno z napájecích napětí. Reproduktor v takovém případě pracuje v podmínkách, pro které nebyl konstruován a může být zničen. Také v okamžiku zapnutí a vypnutí zesilovače stejnosměrná napětí reproduktor velmi silně zatěžují. Pro odstranění tohoto nedostatku je použita elektronická ochrana reproduktoru.

Napájení ochranného obvodu je odvozené z kladné větve napájení výkonového zesilovače. Při zapnutí na-



Obr. 2. Výkonový zesilovač (zesilovače A a C, označení součástek zesilovače C jsou v závorkách)

pájení se elektrolytický kondenzátor C6 začne pomalu nabíjet přes rezistor R5. Dosáhne-li stejnosměrné napětí na C6 velikosti asi 0,8 V, sepne tranzistor T1. T1 připojí přes rezistor R7 ke kladnému napájecímu napětí (stabilizovanému Zenerovou diodou ZD1) bázi tranzistoru T2. Tranzistor T2 sepne relé RE1, které se zpožděním připojí reproduktor na výstup zesilovače. Toto zpoždění je asi 3 s a je určeno především kapacitou elektrolytického kondenzátoru C6. Větší kapacita C6 znamená větší zpoždění a naopak. Proti napěťovým špičkám při spínání indukční zátěže (cívky relé) je tranzistor T2 chráněn diodou D4. Ke zmenšení napěťového namáhání cívky relé je v obvodu zapojen ještě „srážecí“ rezistor R8, na němž se vytváří potřebný napěťový úbytek.

Během provozu přichází napětí z výstupu zesilovače na ochranný obvod přes rezistor R1. Střídavá složka výstupního napětí nemá díky veliké časové konstantě filtru, složeného z rezistoru R1 a elektrolytických kondenzátorů C7 a C8 (C7 a C8 tvoří tzv. bipolární elektrolytický kondenzátor) žádný vliv na funkci ochrany. Stejnosměrné poruchové výstupní napětí zesilovače však filtrem projde a v závislosti na své polaritě vybudí přes oddělovací diody D1 a D2 a rezistory R6 a R16 báze spínacích tranzistorů T3 a T4. Pro sepnutí T3 musí být na výstupu zesilovače stejnosměrné napětí větší než +1,5 V, pro sepnutí T4 musí být na výstupu zesilovače stejnosměrné napětí menší než -0,7 V. Sepnutý tranzistor T3 nebo T4 spojí bázi Darlingtonového tranzistoru T2 se zemí, relé odpadne a reproduktor se odpojí od zesilovače. Teprve po uplynutí doby, dané časovou konstantou filru R1, C7, C8, se reproduktory opět připojí k výkonovému zesilovači.

Po zapájení součástek výkonový zesilovač oživíme. Výkonové obvody IO6 a IO7 připevníme přes izolační slídové podložky, potřené silikonovou vazelínou, k dostatečně dimenzovanému chladiči.

Po připojení napájecího napětí bychom měli naměřit v každé větvi napájení klidový proud asi 100 mA a výstupní stejnosměrné napětí na výstupních svorkách zesilovače by se mělo pohybovat v rozmezí 0 až 20 mV. Napětí samozřejmě můžeme naměřit až po asi 3 s, kdy bychom měli slyšet tlumené, ale přesto postřehnutelné cvaknutí relé.

Pokud uvedené hodnoty nenaměříte, je nutné okamžitě zesilovač vypnout a začít hledat příčinu problému. Nejčastější závadou bývá nedostatečně připájený rezistor R10.

Pokud je vše v naprostém pořádku a chladič se nadměrně neohřívá, můžeme vyzkoušet koncový stupeň dotekem prstu na rezistor R9 a R23. V reproduktorech bychom měli slyšet brum. Zesilovač je dostatečně stabilní a neměl by vykazovat žádné obtíže při uvádění do chodu.

Seznam součástek výkonového zesilovače (zesilovače A a C)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1, R51	100 kΩ
R2, R52	1 MΩ
R3, R7, R53, R57	10 kΩ
R4, R54	470 Ω
R5, R55	220 kΩ
R6, R16, R24 (R66), R56	390 kΩ
R8, R58	220 Ω
R9, R23	4,7 kΩ
R10, R11, R12, R34 (R38), R35 (R39), R36 (R40)	22 kΩ
R13, R33 (R37)	680 Ω
R14, R32 (R36)	3,9 Ω
R15, R37 (R41)	10 Ω/2 W

Kondenzátory

C1, C40	10 μF/25 V, SKR
C4 (C71), C9 (C91)	47 pF/100 V, keram.
C5, C42	330 pF/100 V, keram.
C6, C7, C8, C14, C15, C56, C57, C58	47 μF/25 V, SKR
C18, C41 C60, C61 C80, C81	100 nF/40 V, keram.

Cívky

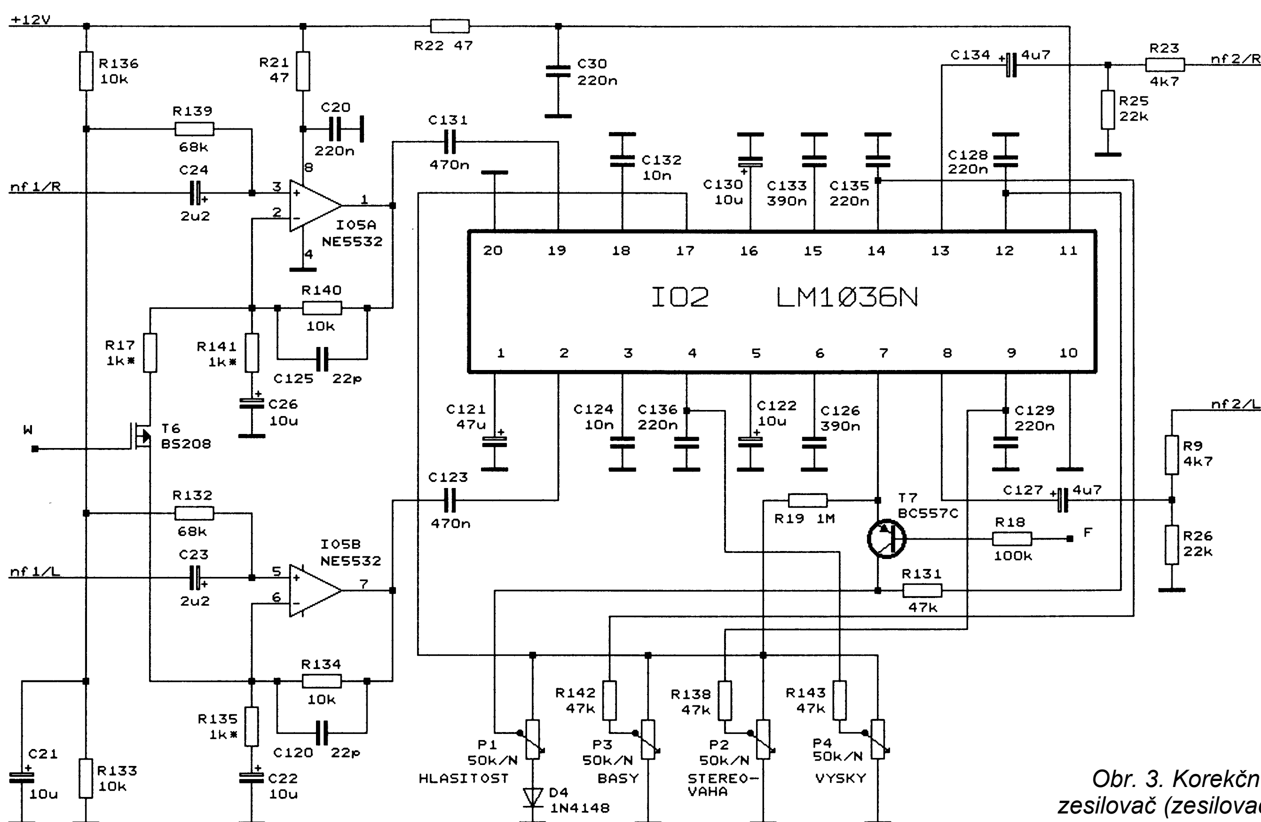
L1, L2	viz text

Polovodiče

D1, D2, D51, D52	1N4148
D4, D54	1N4002
ZD1, ZD2 (ZD51)	BZX85/12
T1, T3, T51, T53	BC547 (KC238)
T4, T54	BC557 (KC308)
T2, T52	BC517 (BC337-40)
IO6, IO7	LM3875

Ostatní součástky

RE1, RE2 (RE51)	RP421012 (RT424012, Omron, Finder, Siemens), relé 12 V=
chladič	ZH 610



Obr. 3. Korekční zesilovač (zesilovač A)

Korekční zesilovač

Třetím krokem je osazení a oživení korekčního zesilovače. Schéma zapojení je na obr. 3. Korekční zesilovač je tvořen velice dobrým a snad již známým a populárním integrovaným obvodem LM1036N, který je svými parametry (odstup signál/šum, zkreslení, přebuditelnost apod.) a funkcemi právem zařazen do třídy hifi. Pro zvětšení komfortu obsluhy byla v korekčním zesilovači doplněna funkce WIDE, tj. rozšíření stereofonní báze.

Obvod LM1036N je určen k použití v jakostních nf zesilovačích se vstupy pro tuner, gramofon, přehravač CD, magnetofon apod. Obvod má v jednom pouzdře oba stereofonní kanály.

Relativní zesílení na nízkých a vysokých kmitočtech může být samočinně nastaveno tak, že posluchač může zmenšovat zesílení (hlasitost reprodukce), aniž by se pozorovatelně měnila barva zvuku - jedná se tedy o jakousi fyziologickou regulaci hlasitosti (loudness).

Změnami hodnot součástek, připojených zevně k integrovanému obvodu, může uživatel upravovat kmitočtové charakteristiky korekcí podle svých požadavků a zvyklostí, a to ve značném širokém rozsahu. Tím se stává korekční zesilovač velice univerzálním.

Pro zvětšení odstupu užitečného signálu od „brumu“ je do napájecího obvodu korekčního zesilovače a elektronického přepínače vstupů vložen filtr napájecího napětí s tranzistorovým „násobičem” kapacity. Filtr je tvořen elektrolytickým kondenzátorem C35, keramickým kondenzátorem C36, rezistory R27 a R28 a tranzistorem T5. Požadované výstupní napětí filtru (+12 V) nastavíme odporem rezistoru R28.

Dostatečný vstupní odpor a požadované napěťové zesílení korekčního zesilovače je dosaženo použitím oddělovacích zesilovačů napětí s IO5A a IO5B. IO5 je dvojice známých operačních zesilovačů řady NE5532A. Tyto zesilovače se vyznačují velmi malým šumem a jsou výrobcem předurčené pro nízkofrekvenční aplikace.

Ke galvanickému oddělení vstupního signálu od neinvertujících vstupů IO5A a IO5B jsou použity elektrolytické kondenzátory C23 a C24. Předpětí pro neinvertující vstupy je získáno z odporového děliče napětí s rezistory R136 a R133. Předpětí je filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C21. Napájecí napětí pro operační zesilovače je vysokofrekvenčně blokováno keramickým kondenzátorem C20.

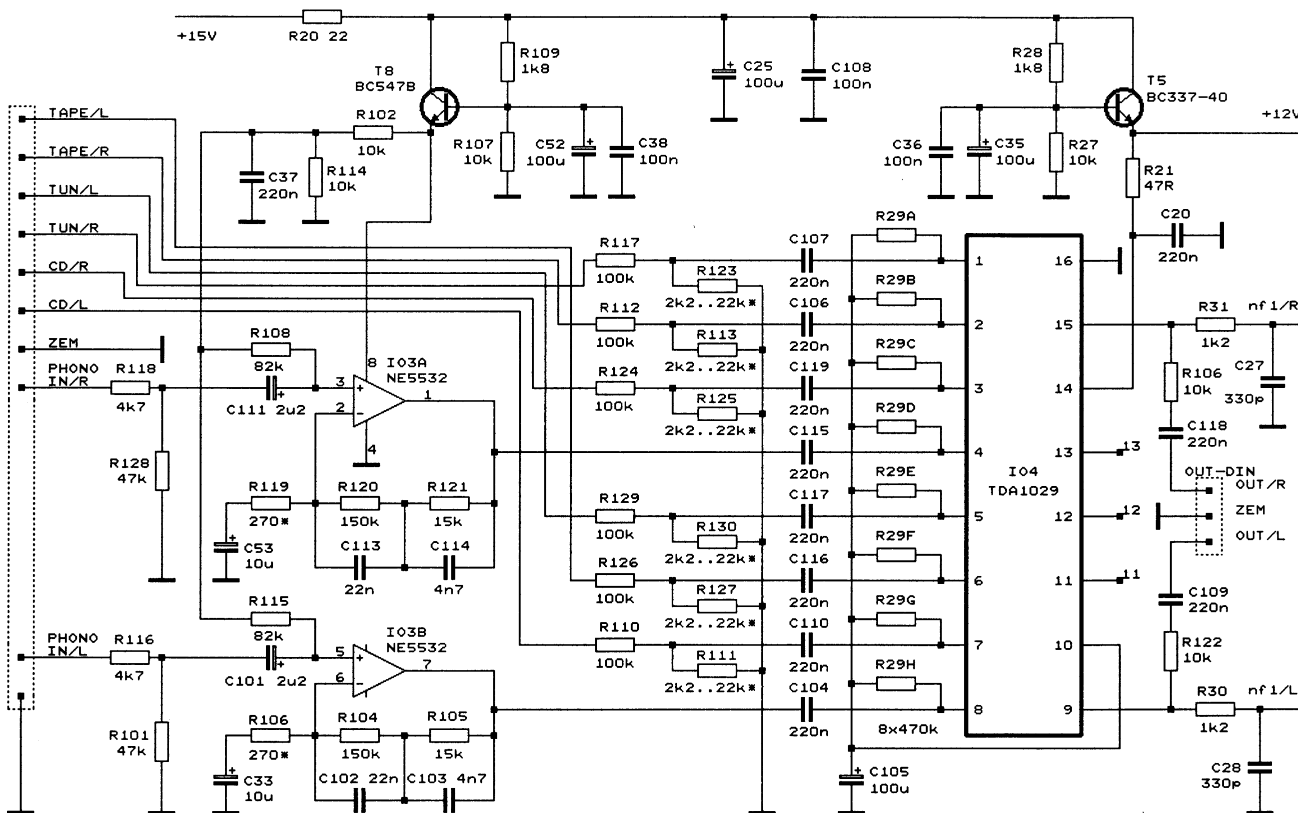
Napěťové zesílení oddělovacích zesilovačů je nastaveno odpory rezistorů R134, R135 a R140, R141 na velikost 10. Zesilovače jsou kmitočtově kompenzovány keramickými kondenzátory C120 a C125. Pokud bychom požadovali jiné napěťové zesílení, lze zesílení upravit bez větších obtíží změnou odporu rezistorů R135 a R141. Zmenšením odporu se zesílení zvětší, zvětšením odporu se naopak zmenší. Zesílení však volte uvážlivě, protože korekční zesilovač LM1036N je při velkém zesílení oddělovacího zesilovače značně vybuzen a nemá žádnou rezervu k případnému přebuzení signálem.

Protože obvod LM1036N nemá funkci WIDE (rozšíření stereofonní báze), byla tato funkce zajištěna propojením vhodných bodů oddělovacích zesilovačů levého a pravého kanálu rezistorem R17 přes spínací tranzistor T6 (PMOS). Hradlo tranzistoru T6 se ovládá signálem na vývodu W.

Stereofonní signál z oddělovacích zesilovačů se přivádí na vývody *2* a *19* IO2 přes oddělovací svitkové kondenzátory C123 a C131. Výstupní signály jsou na vývodech *8* a *13* a jsou galvanicky odděleny elektrolytickými kondenzátory C127 a C134. Kapacita těchto kondenzátorů závisí na vstupním odporu následujícího stupně a obvykle se volí v jednotkách mikrofaradů. Ke správné polarizaci výstupních elektrolytického kondenzátorů jsou v obvodu zapojeny rezistory R26 a R25.

Součástí integrovaného obvodu LM1036N je i Zenerova dioda, která udržuje na vývodu *17* stabilní stejnosměrné napětí U_{ref} o velikosti 5,2 až 5,4 V. Z vývodu *17* lze odebírat proud až 5 mA. Vnitřní referenční napětí se používá k řízení hlasitosti, hloubek, výšek a „stereováhy“.

Dovolené provozní napájecí napětí obvodu LM1036N je 9 až 16 V, spotřeba proudu je typicky 35 mA při napájecím napětí 12 V. Napájecí napětí obvodu IO2 je filtrováno keramickým kondenzátorem C30 a rezistorem R22. Vstupní užitečný signál IO2 je maximálně 1,6 V, vstupní impedance IO2 je 30 kΩ. Maximální efektivní vý-



Obr. 4. Přepínač vstupů (zesilovač A)

stupní napětí na vývodech *8* a *13* (při kmitočtu 1 kHz a při napájecím napětí 12 V) je 1,5 V. Výstupní odpor IO2 na vývodech *8* a *13* je při kmitočtu 1 kHz maximálně 20 Ω, takže spoj k výkonovému zesilovači může být prakticky libovolně dlouhý. Celkové harmonické zkreslení obvodu LM1036N je typicky 0,06 % při napájecím napětí 12 V, při kmitočtu 1 kHz, při efektivním vstupním napětí 1,0 V a při maximálním zesílení. Odstup signál/šum je typicky 80 dB v pásmu 100 Hz až 20 kHz při maximálním zisku a 64 dB při zmenšení maximálního zisku o 20 dB. Kmitočtová charakteristika obvodu při nastavení potenciometrů do středu odporové dráhy je „rovná" (±1 dB) do kmitočtu 250 kHz. Oddělení kanálů je -80 dB na kmitočtu 1 kHz. Ovládací proudy na vývodech *4*, *7*, *9*, *12* a *14* jsou typicky 1 μA, takže v ovládacích obvodech mohou být použity součástky s velkým odporem.

Zisk LM1036N je 0 dB (tj. zesílení je rovno jedné), jsou-li spojeny vývody *12* a *17*. Rozdíl v zisku kanálů není větší než 1 dB. Rozsah regulace zisku je 75 dB. Rozsah regulace hloubek a výšek je na kmitočtech 40 Hz a 16 kHz ±15 dB. Spojením vývodů *7* a *12* IO2 zapojíme fyziologickou regulaci hlasitosti. Vyvážení obou kanálů „stereováhy" je dosaženo při napětí o velikosti $U_{ref}/2$. Kmitočtové charakteristiky regulátorů barvy zvuku (hloubek a výšek) jsou závislé na kapacitách použitých kondenzátorů (C124 a C132 pro výšky a C126 a C133 pro hloubky).

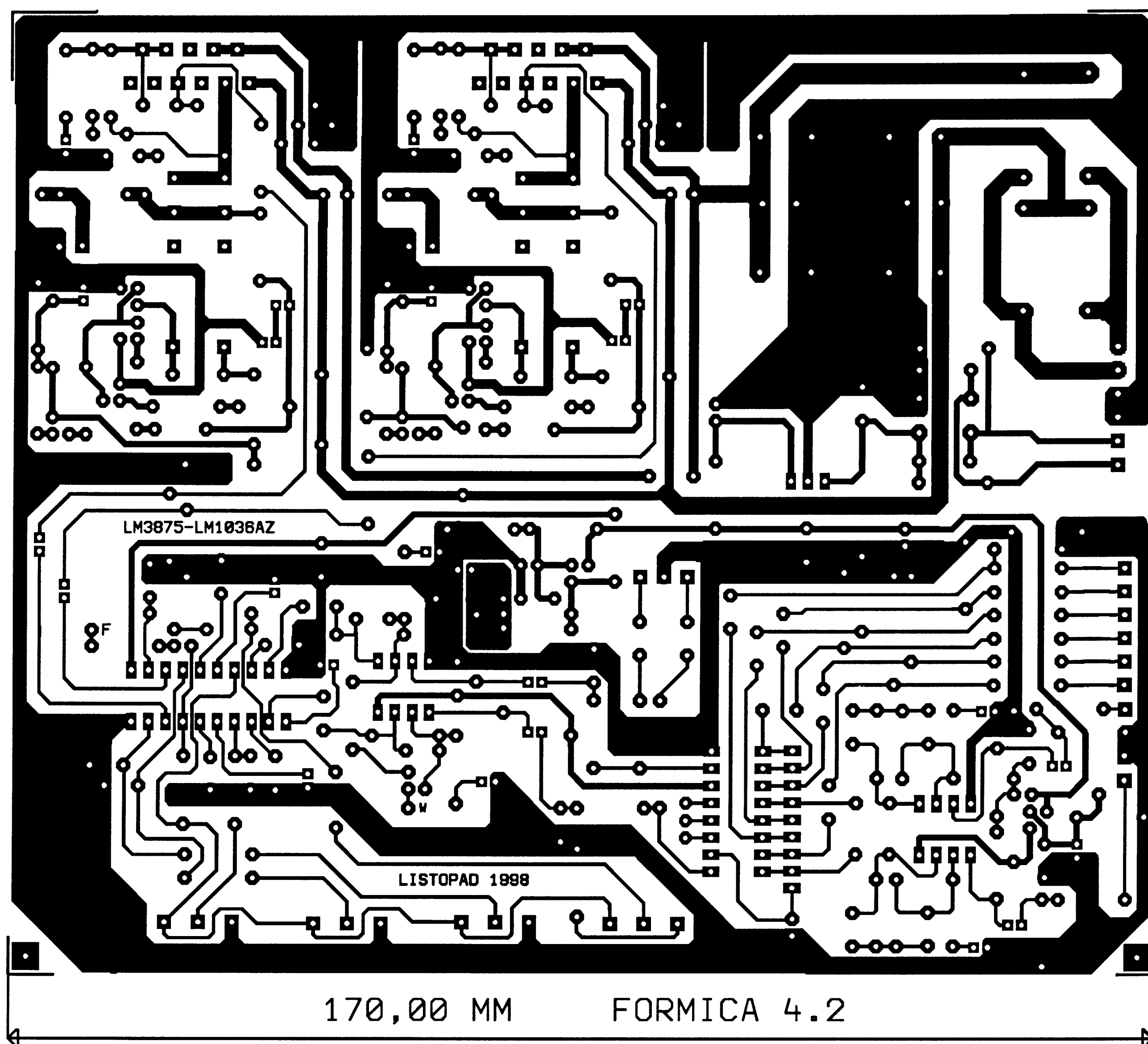
V obvodu řízení stejnosměrného napětí jsou pro potlačení rušivých složek řídícího napětí zapojeny na vývodech běžců regulačních potenciometrů články *RC*, tj. rezistory R131, R138, R142 a R143 a kondenzátory C128, C129 , C135 a C136. Pro filtraci napětí uvnitř obvodu jsou použity elektrolytické kondenzátory C121, C122 a C130. Pro lepší a jemnější využití odporové dráhy potenciometru hlasitosti P1 byla stejnosměrná úroveň napětí posunuta křemíkovou diodou D4. Tím se také zmenší rozsah regulace hlasitosti na méně než 80 dB, ale to není vůbec na závadu.

Po osazení součástek korekčního zesilovače na desku s plošnými spoji a po zapnutí napájecího napětí bychom měli naměřit klidový proud v rozmezí 40 až 50 mA. V reproduktorových soustavách bychom při nastavení regulátoru výšek a hlasitosti na maximum měli uslyšet výraznější nárůst šumu. Po doteku prstu na vývody *3* a *5* integrovaného obvodu IO2 bychom v reproduktorech měli slyšet podstatně silnější brum. Na vstupy korekčního zesilovače můžeme přivést užitečný signál a vyzkoušet funkci korekčního a výkonového zesilovače v obou kanálech.

Seznam součástek korekčního zesilovače (zesilovač A)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R9, R23	4,7 kΩ
R17, R135, R141	1 kΩ
R18	100 kΩ
R19	1 MΩ
R21, R22	47 Ω



Obr. 5. Obrazec plošných spojů zesilovače A

R25, R26	22 kΩ
R131, R138, R142, R143	47 kΩ
R132, R139	68 kΩ
R133, R134, R136, R140	10 kΩ

Kondenzátory

C20, C30, C128, C129, C135, C136	220 nF/40 V, keram.
C21, C22, C26, C122, C130	10 μF/35 V, SKR
C23, C24	2,2 μF/50 V, SKR
C120, C125	22 pF/100 V, keram.
C121	47 μF/25 V, SKR
C123, C131	470 nF, fóliový
C124, C132	10 nF, fóliový (výšky)
C126, C133	390 nF, fóliový (basy)
C127, C134	4,7 μF/50 V, SKR

Polovodiče

D4	1N4148
T6	BS208
T7	BC557C
IO2	LM1036N (LM1035N)
IO5	NE5532A

Ostatní součástky

P1, P2, P3, P4	50 kΩ/N-32b, TP 160A

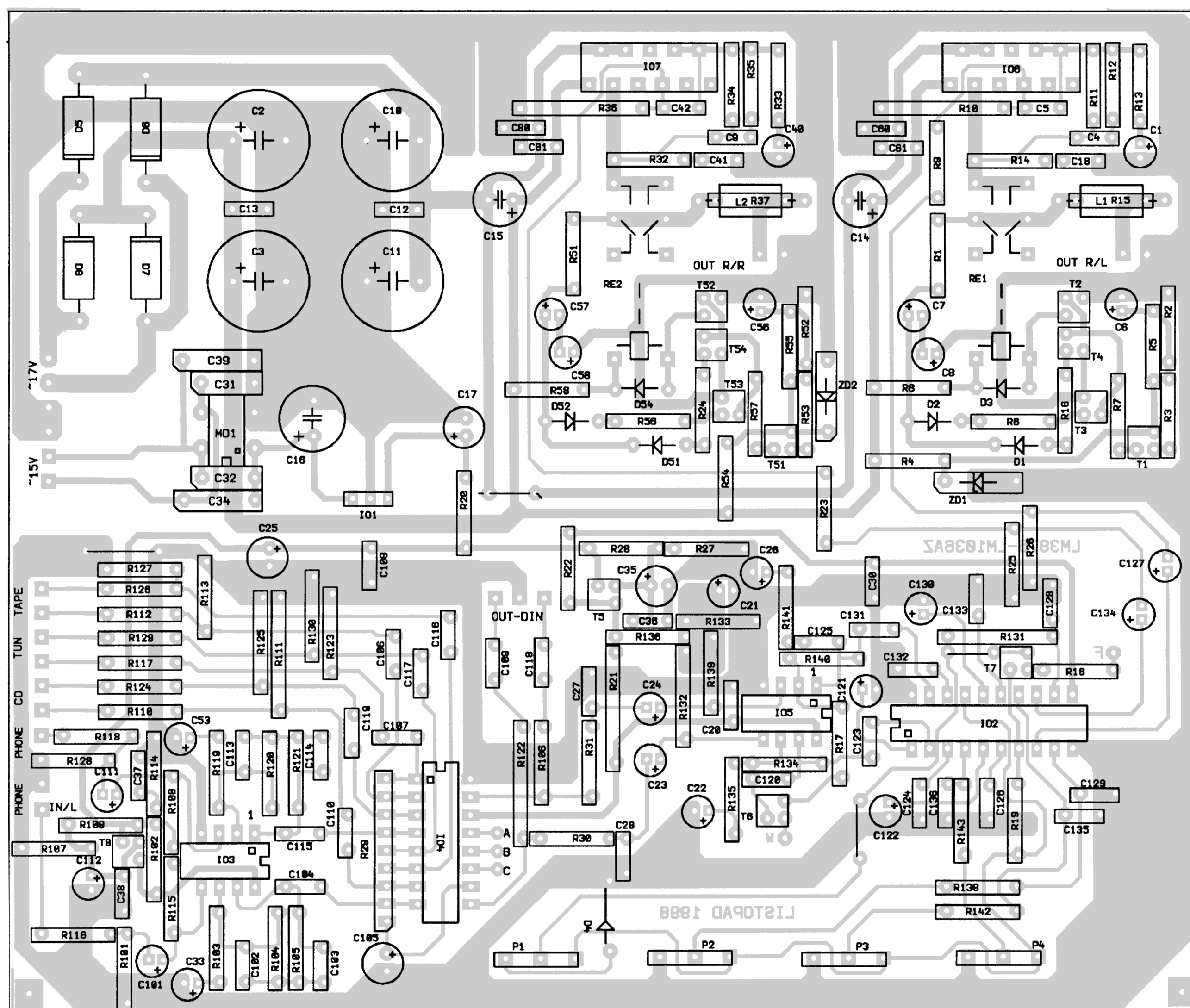
Přepínač vstupů

Posledním krokem v osazování a oživování zesilovače je přepínač vstupů s korekčním předzesilovačem pro magnetodynamickou přenosku. Schéma přepínače vstupů je na obr. 4.

Přepínač vstupů je elektronický a využívá obvod TDA1029 (IO4), který umožňuje přepínání čtyř vstupů a u něhož je jeden vstup předvolen. Jednotlivé vstupy se přepínají připojováním vývodů *11*, *12* a *13* IO1 na zem (GND). Pokud není žádný z uvedených vývodů spojen se zemí, je nastaven předvolený vstup. Jako předvolbu, tj. jako vstup, který se automaticky přepne po zapnutí zesilovače, jsme si určili vstup TAPE pro signál z magnetofonu. Ke správné funkci přepínače jsou nezbytné rezistory R29A až R29H, které jsou integrovány v odporové síti. Dále potřebujeme nezbytně nutné vstupní oddělovací svitkové (fóliové) kondenzátory a filtrační elektrolytický kondenzátor C105, který filtruje rušivé složky vnitřního referenčního napětí obvodu IO4. Výstupní signál z přepínače vstupů je veden do korekčního zesilovače, část signálu je přes oddělovací svitkové kondenzátory C109 a C118 a oddělovací rezistory R122 a R106 vedena na konektor DIN k dalšímu využití.

Korekční zesilovač pro magnetodynamickou přenosku je osazen, stejně jako oddělovací zesilovač v korekčním zesilovači, dvojitým operačním zesilovačem s malým šumem NE5532AN (IO3). Tento typ operačního zesilovače významně zmenšuje nežádoucí rušivé signály a zvětšuje odstup signál/šum, což u vstupu pro magnetodynamickou přenosku je nanejvýš žádoucí. Dále bude popsána cesta signálu z přenosky v levém kanálu.

Vstupní signál z magnetodynamické přenosky je veden přes elektrolytický kondenzátor C101 na neinvertující vstup IO3B. Rezistor R101 zatěžuje přenosku předepsaným odporem. Rezistor R116 spolu se vstupní kapacitou zesilovače tvoří dolní propust, která zabraňuje pronikání signálu středovlnných vysílačů do zesilovače.



Obr. 6. Rozmístění součástek zesilovače A na desce s plošnými spoji

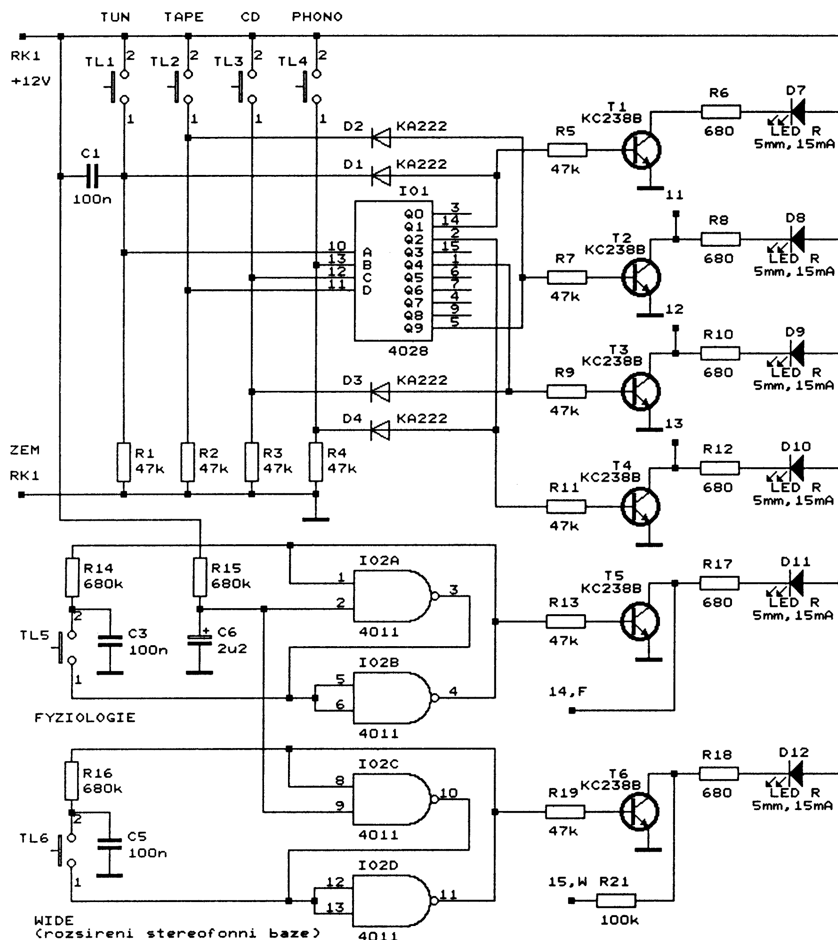
Předpětí je na neinvertující vstup IO3B zavedeno oddělovacím rezistorem R115 z děliče napětí, složeného z rezistorů R102 a R114 a z filtračního kondenzátoru C37.

Potřebné časové konstanty podle křivky RIAA zajišťují přesné rezistory R104 a R105 (s tolerancí 1 %) a svitkové kondenzátory C102 a C103 (s tolerancí 5 %). Napěťové zesílení je nastaveno rezistorem R103 a je možné ho v určitých mezích měnit. Galvanicky je napěťová zpětná vazba oddělena elektrolytickým kondenzátorem C33.

Napájecí napětí zesilovače je dobře filtrováno tranzistorovým násobičem kapacity s tranzistorem T8. Násobič dále obsahuje elektrolytický kondenzátor C52, keramický kondenzátor C38 a rezistory R107 a R109. Výstupní napětí násobiče kapacity na emitoru T8 se nastaví rezistorem R109.

Za vstupy, určené pro tuner (TUN), magnetofon (TAPE) a přehravač CD (CD), jsou zařazeny odporové děliče napětí, které bez velkých obtíží umožňují nastavit citlivosti jednotlivých vstupů zesilovače tak, abychom při přepínání zdrojů signálu nemuseli neustále měnit polohu potenciometru pro ovládání hlasitosti z důvodu nestejné velikosti vstupních signálů. Prakticky je nutno přizpůsobit citlivosti vstupů TAPE, TUN a CD citlivosti korekčního zesilovače pro magnetodynamickou přenosku, protože citlivost vstupu pro přenosku nelze měnit.

Po osazení součástek přepínače vstupů na desku s plošnými spoji zkontrolujeme osciloskopem průchod signálu.



Obr. 7. Přepínač funkcí (zesilovače A, B a D)

Seznam součástek přepínače vstupů (zesilovač A)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

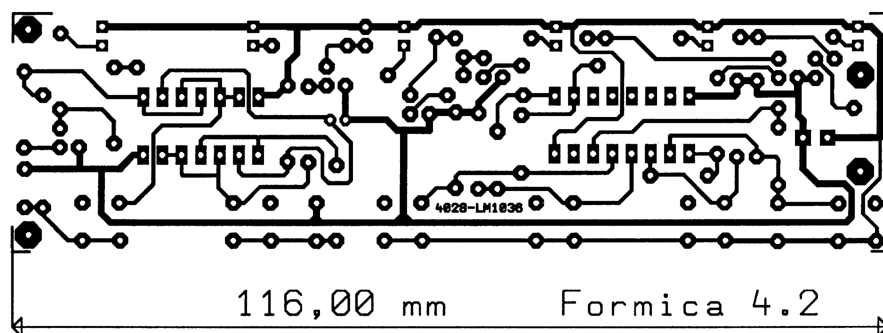
R20	22 Ω
R21	47 Ω
R27, R102, R106, R107, R114, R122	10 kΩ
R28, R109	1,8 kΩ
R29	8x 470 kΩ, rezistorová síť
R30, R31	1,2 kΩ
R101, R128	47 kΩ
R104, R120	150 kΩ
R105, R121	15 kΩ
R106, R119	270 Ω
R108, R115	82 kΩ
R110, R112, R117, R124, R126, R129	100 kΩ
R111, R113, R123, R125, R127, R130	2,2 až 22 kΩ
R116, R118	4,7 kΩ

Kondenzátory

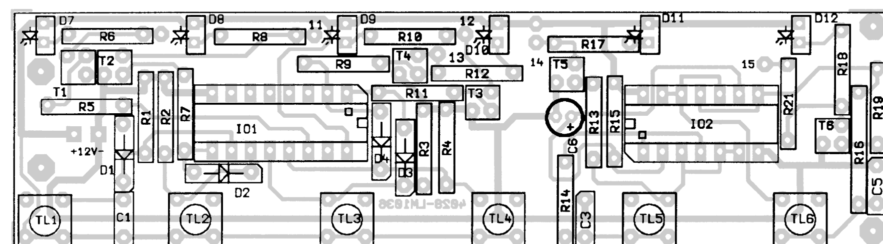
C20, C37	220 nF/40 V, keram.
C25, C35, C52, C105	100 μF/16 V, SKR
C27, C28	330 pF/100 V, keram.
C33, C53	10 μF/35 V, SKR
C36, C38, C108	100 nF/40 V, keram.
C101, C111	2,2 μF/50 V, SKR
C102, C113	22 nF, fóliový
C103, C114	4,7 nF, fóliový
C104, C106, C107, C109, C110, C115, C116, C117, C118, C119	220 nF, fóliový

Polovodiče

T5	BC337-40
T8	BC547B
IO3	NE5532AN(AP)
IO4	TDA1029



Obr. 8. Obrazec plošných spojů přepínače funkcí (zesilovače A, B a D)



Obr. 9. Rozmístění součástek přepínače funkcí na desce s plošnými spoji (zesilovače A, B a D)

Konstrukce zesilovače

Obrazec plošných spojů hifi zesilovače A je na obr. 5, rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 6.

Deska obsahuje napájecí zdroj (bez síťového transformátoru), výkonový a korekční zesilovač a přepínač vstupů.

Desku před a po zapájení součástek pečlivě zkontrolujeme. Součástky osazujeme v pořadí podle předchozího popisu a funkční bloky průběžně oživujeme.

Po zapájení všech součástek můžeme proměřit stejnosměrná napětí na výstupech jednotlivých integrovaných obvodů vůči společnému vodiči napájení (zemi). Tato stejnosměrná napětí by se měla pohybovat v rozmezí 5,9 až 6,1 V, na výstupech integrovaných obvodů výkonového zesilovače musí být stejnosměrné napětí nulové!

Pokud vše souhlasí, můžeme vyzkoušet, jak zesilovač hraje (bez možnosti přepínání vstupů).

Pokud budeme s výsledkem práce spokojeni, můžeme pokračovat v osazování desky přepínače funkcí a indikátoru vybuzení. Tyto desky budeme potřebovat pro sestavení úplného zesilovače.

Přepínač funkcí

Schéma elektronického přepínače funkcí a zdrojů vstupních signálů je na obr. 7. Elektronické přepínání vstupů je realizováno integrovaným obvodem CD4028 (IO1), který je v podstatě dekadický dekóder BCD kódu. Rezistory R1 až R4 jsou nezbytné pracovní rezistory tohoto obvodu. Při stisknutí jednoho z tlačítek TL1 až TL4 se přivádí na příslušný vstup dekodéru vysoká úroveň („log. 1“).

Kondenzátor C1 zajišťuje předvolbu vstupu TUNER při zapnutí zesilovače. Při zapnutí napájení vznikne na kondenzátoru C1 napěťová špička, která aktivuje vstup A obvodu IO1. Výstupní signál z IO1 sepne přes rezistor R5 tranzistor T1 a rozsvítí se LED D7. Velikost protékajícího proudu touto LED určuje rezistor R6.

Dioda D1 zabezpečuje zpětnou vazbu z výstupu *14* IO1 na vstup A, která přidrží vstup A v úrovni „log. 1“ do doby, než přijde impuls z některého tlačítka na vstupy B až D IO1. Impulsem se sepne příslušný z tranzistorů T2 až T4. Diody D2 až D4 přidrží tento tranzistor trvale sepnutý až do okamžiku, kdy se stiskne další tlačítko atd. Tento děj se může neustále opakovat.

K zapínání funkce WIDE a FYZIOLOGIE slouží tlačítka TL5 a TL6, které jsou zapojené k obvodu typu CMOS 4011 (IO2). Obvod 4011 obsahuje čtveřici hradel, která jsou zapojená jako klopné obvody. Články R14, C3 a R16, C5 eliminují zákmity kontaktů tlačítek.

Klopné obvody jsou zapojeny tak, že při zapnutí zesilovače se automaticky navolí funkce FYZIOLOGIE a WIDE. Pokud bychom chtěli při zapnutí zesilovače navolit jiné funkce, lze upravit zapojení obvodu přepojením rezistorů R13 a R19 na vývody *3* a *10* IO2. Po praktických zkušenostech jsem zvolil předvolbu funkcí, která je zde navržená.

Obrazec plošných spojů přepínače funkcí je na obr. 8, rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 9. Osazení a oživení desky nemůže činit průměrně zdatným konstruktérům nejmenší problémy. Je nutno mít jen na paměti, že pracujete s obvody typu CMOS.

Seznam součástek přepínače funkcí (pro zesilovače A, B a D)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

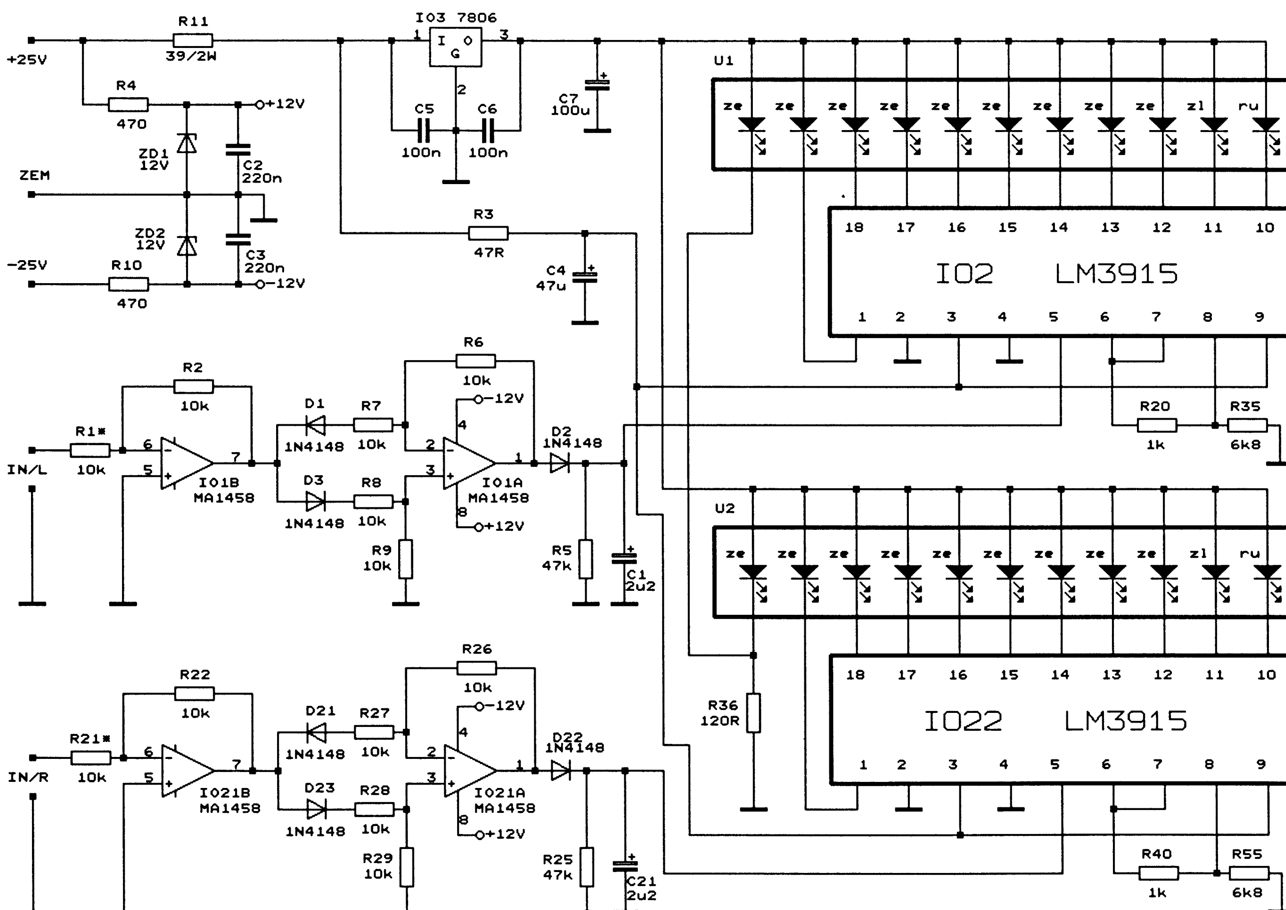
R1, R2, R3, R4, R5, R7, R9, R11, R13, R19	47 kΩ
R6, R8, R10, R12, R17, R18	680 Ω
R14, R15, R1 6	680 kΩ
R21	100 kΩ

Kondenzátory

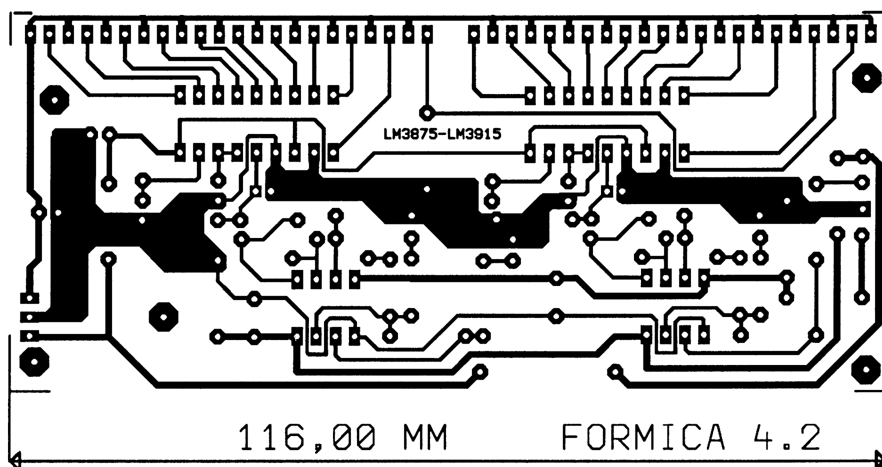
C1, C3, C5	100 nF/40 V, keram.
C6	2,2 µF/50 V, SKR

Polovodiče

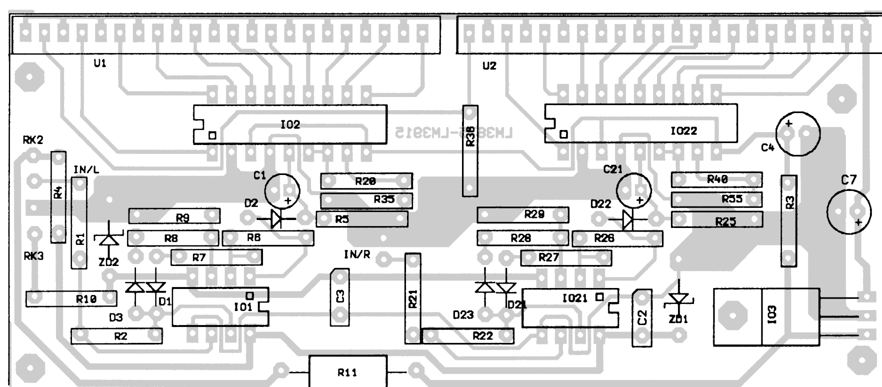
D1, D2, D3, D4	KA222



Obr. 10. Indikátor vybuzení (zesilovače A, B, C, D a E)



Obr. 11. Obrazec plošných spojů indikátoru vybuzení (zesilovače A, B, C, D a E)



Obr. 12. Rozmístění součástek indikátoru vybuzení na desce s plošnými spoji (zesilovače A, B, C, D a E)

D7, D8, D9, D10, D11, D12	LED červ., 5 mm
T1, T2, T3, T4, T5, T6	KC238B (C)
IO1	CMOS 4028
IO2	CMOS 4011

Ostatní součástky

TL1 až TL6	mikrotlačítka

Indikátor vybuzení

Posledním dílem této stavebnice je indikátor vybuzení reproduktorových soustav. Indikátor je osazen moderním integrovaným obvodem LM3915, který se vyznačuje logaritmickým průběhem stupnice.

Na stránkách odborných časopisů bylo popsáno již mnoho těchto indikátorů, které byly zapojeny jako půlvlnné, tj. indikovaly pouze napětí kladných špiček signálu a zápornou půlvlnu ignorovaly. Abychom objektivně a s dostatečnou přesností indikovali signál v obou půlvlnách užitečného signálu, je nutno použít indikátor s dvoucestným usměrněním. Schéma indikátoru vybuzení je na obr. 10. Oba kanály indikátoru pracují shodně, dále bude popsána funkce levého kanálu.

Signál z výstupních svorek koncového zesilovače je přiváděn přes rezistor R1 na vývod *6* IO1B. Operační zesilovač IO1B (typu MA1458) je zapojen jako invertující zesilovač a jeho zesílení lze podle potřeby upravit změnou odporu rezistoru R1.

Napájení operačních zesilovačů IO1 i IO2 je odvozeno z napájení výkonového zesilovače a je stabilizováno Zenerovými diodami ZD1 a ZD2. Pracovní proud diod ZD1 a ZD2 (asi 28 mA bez zátěže) je nastaven rezistory R4 a R10 podle skutečné velikosti stejnosměrného napájecího napětí výkonového zesilovače.

Za napěťovým zesilovačem IO1B následuje celovlnný usměrňovač s diodami D1 a D3. Usměrněné půlvlny signálu z diod sčítá součtový zesilovač IO1A. Na výstupu *1* IO1A je již dvoucestně usměrněný signál.

Z výstupu IO1A je signál zaveden do špičkového detektoru, tvořeného diodou D2, rezistorem R5 a elektrolytickým kondenzátorem C1. Časová konstanta článku R5, C1 zabezpečuje zpožděné zhasínání indikačních LED po odeznění špičky signálu. Zvětšením kapacity elektrolytického kondenzátoru C1 lze toto zpoždění prodloužit.

Napětí ze špičkového detektoru je indikováno dnes již klasickým desetibodovým indikátorem s logaritmickou stupnicí s obvodem LM3915 (IO2). Referenční napětí IO2 je odvozené z napájecího napětí +25 V a je filtrováno rezistorem R3 a elektrolytickým kondenzátorem C4.

Udaj indikátoru vybuzení se zobrazuje na dvou páskových zobrazovačích U1 a U2. Každý zobrazovač je sestaven z jedenácti jednotlivých LED - z devíti zelených (ze), jedné žluté (zl) a jedné červené (ru). Diody by měly být difuzní s dobrou účinností, jejich tvar je libovolný podle vkusu.

Pro zmenšení výkonového namáhání obvodu IO2 při funkci zobrazovače v páskovém režimu je pro napájení indikačních LED použit samostatný plastový stabilizátor IO3 typu 7806 s filtračním elektrolytickým kondenzátorem C125.

S uvedenými odpory rezistorů je indikátor nastaven do výkonu 50 W (při výkonu 50 W do impedance 4 Ω svítí všechny LED kromě červené). Citlivost indikátoru je možné změnit volbou jiné velikosti odporu rezistorů R1 nebo R35.

Odporem rezistoru R20 je nastaven pracovní proud indikačních LED v zobrazovačích U1 a U2 na asi 15 mA. Při tomto proudu je svit LED dostatečný a vyhovující.

Obrazec plošných spojů indikátoru vybuzení je na obr. 11, rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 12.

Po osazení součástek na desku s plošnými spoji připojíme napájecí napětí a změříme klidový napájecí proud, který by měl být v kladné větvi asi 50 mA a v záporné větvi 10 mA. Svítit by měly jen první LED zelené barvy v obou kanálech indikátoru.

Seznam součástek indikátoru vybuzení (pro zesilovače A, B, C, D a E)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1, R2, R6, R7, R8, R9, R21, R22, R26, R27, R28, R29	10 kΩ
R3	47 Ω
R4, R10	470 Ω
R5, R25	47 kΩ
R11	39 Ω/2 W
R20, R40	1 kΩ
R35, R55	6,8 kΩ
R36	120 Ω

Kondenzátory

C1, C21	2,2 µF/50 V, SKR
C2, C3	220 nF/40 V, keram.
C4	47 (100) µF/25 V, SKR
C5, C6	100 nF/40 V, keram.
C7	100 µF/16 V, SKR

Polovodiče

D1, D2, D3, D21, D22, D23	1N4148
U1, U2	páskové zobrazovače LED
ZD1, ZD2	BZX85/12
IO1, IO21	MA1458
IO2, IO22	LM3915
IO3	7806

Závěr

Po oživení všech obvodů desky vzájemně propojíme a můžeme kompletně vyzkoušet, jak zesilovač vlastně hraje a funguje v celé výkonové šíři.

Taktéž vyzkoušíme všechny doplňkové funkce, jako jsou elektronické přepínání vstupů, WIDE a FYZIOLOGIE a indikátor vybuzení.

Zesilovač B (2x 40 W)

Pro poněkud méně movité radioamatéry si dovolím nabídnout zesilovač B, který se od předcházejícího zesilovače A liší pouze tím, že obvod ochrany reproduktorů ve výkonovém zesilovači je pro oba kanály společný a obsahuje jen jedno relé.

Zesilovač B má zcela shodné vlastnosti jako zesilovač A a platí pro něj technické údaje na str. 4.

Napájecí zdroj zesilovače B je shodný s napájecím zdrojem zesilovače A a platí pro něj schéma na obr. 1, popis funkce na str. 4 a seznam součástek napájecího zdroje na str. 5.

Korekční a vstupní zesilovač jsou zapojeny stejně jako u předchozího zesilovače A, protože však mají jinak očíslované součástky, jsou zde uvedena odpovídající schémata a seznamy součástek.

Napájecí zdroj (bez síťového transformátoru), výkonový a korekční zesilovač a přepínač vstupů jsou uspořádány na jediné desce s plošnými spoji. Obrazec plošných spojů zesilovače B je na obr. 16, rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 17.

Postup stavby a oživování zesilovače B je stejné jako u zesilovače A.

Pro sestavení úplného zesilovače budeme potřebovat ještě desky přepínače funkcí a indikátoru vybuzení, které jsou popsány na str. 11 a 12.

Výkonový zesilovač

Schéma výkonového zesilovače je na obr. 13.

Nf signál je zesilován monolitickými výkonovými zesilovači IO6 a IO7 typu LM3875 zcela stejně, jako v zesilovači A.

Cívky L1 a L2 jsou samonosné a jsou zhotoveny navinutím deseti závitů měděného drátu o průměru 1 mm s lakovou izolací na průměr 8 mm. Do cívek jsou vloženy a připájeny rezistory R15 a R37.

Obvod ochrany reproduktorů je zapojen shodně jako v zesilovači A a rovněž funkce obvodu je shodná. Na rozdíl od zesilovače A, v jehož výkonovém zesilovači jsou použity dva shodné obvody ochrany pro každý kanál zvlášť, je v zesilovači B použit pouze jediný obvod ochrany, společný pro oba kanály.

Na vstup obvodu ochrany se přivádějí současně výstupní napětí z obou kanálů přes součtové rezistory R1 a R23 a při poruše jsou reproduktory odpojovány oddělenými kontakty jediného relé.

Seznam součástek výkonového zesilovače (zesilovače B)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1, R23	100 kΩ
R2	1 MΩ
R3, R7	10 kΩ
R4	390 Ω
R5	220 KΩ
R6, R16,	390 kΩ
R8	150 Ω
R10, R11, R12, R34, R35, R36	22 kΩ
R13, R33	680 Ω
R14, R32	3,9 Ω
R15, R37	10 Ω/2 W
R54, R58	4,7 kΩ

Kondenzátory

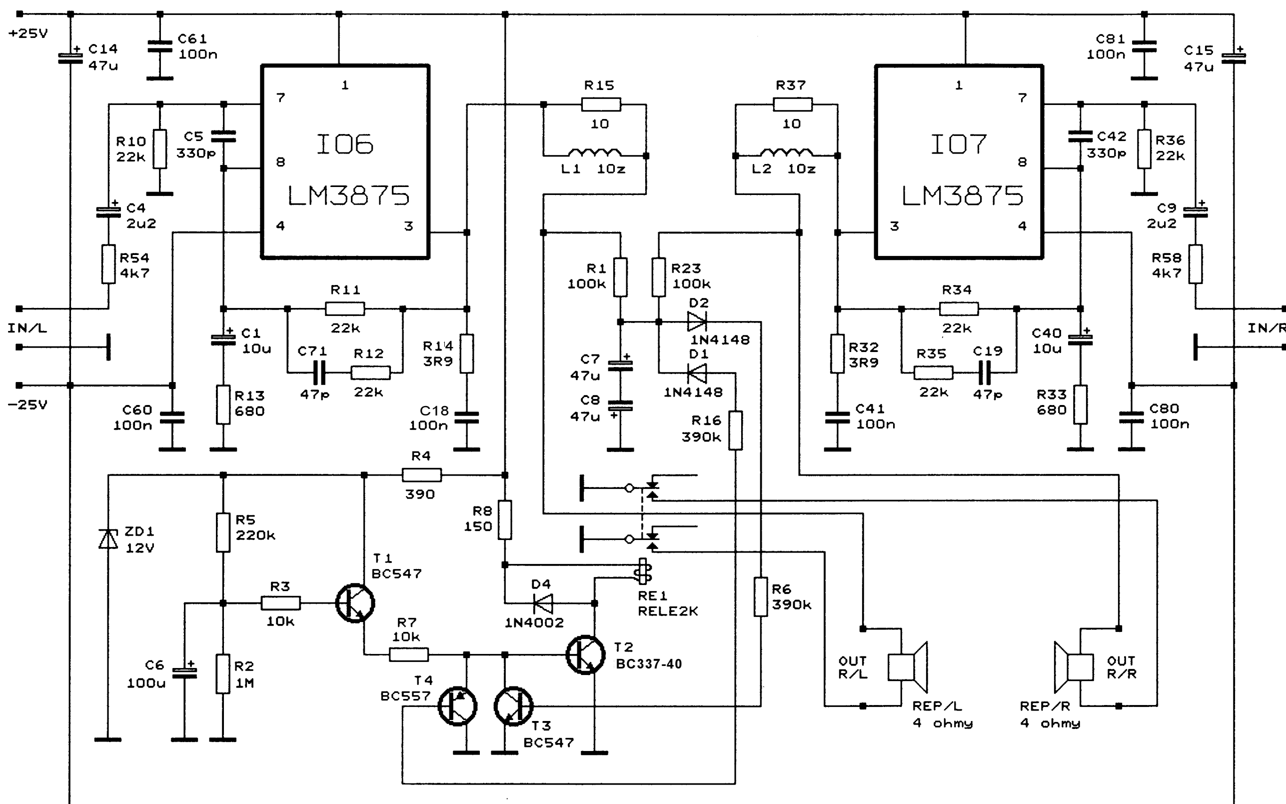
C1, C40	10 μF/25 V, SKR
C4, C9	2,2 μF/50 V, SKR
C5, C42	330 pF/100 V, keram.
C6	100 μF/16 V, SKR
C7, C8, C14, C15	47 μF/25 V, SKR
C18, C41 C60, C61 C80, C81	100 nF/40 V, keram.
C19, C71	47 pF/100 V, keram.

Cívky

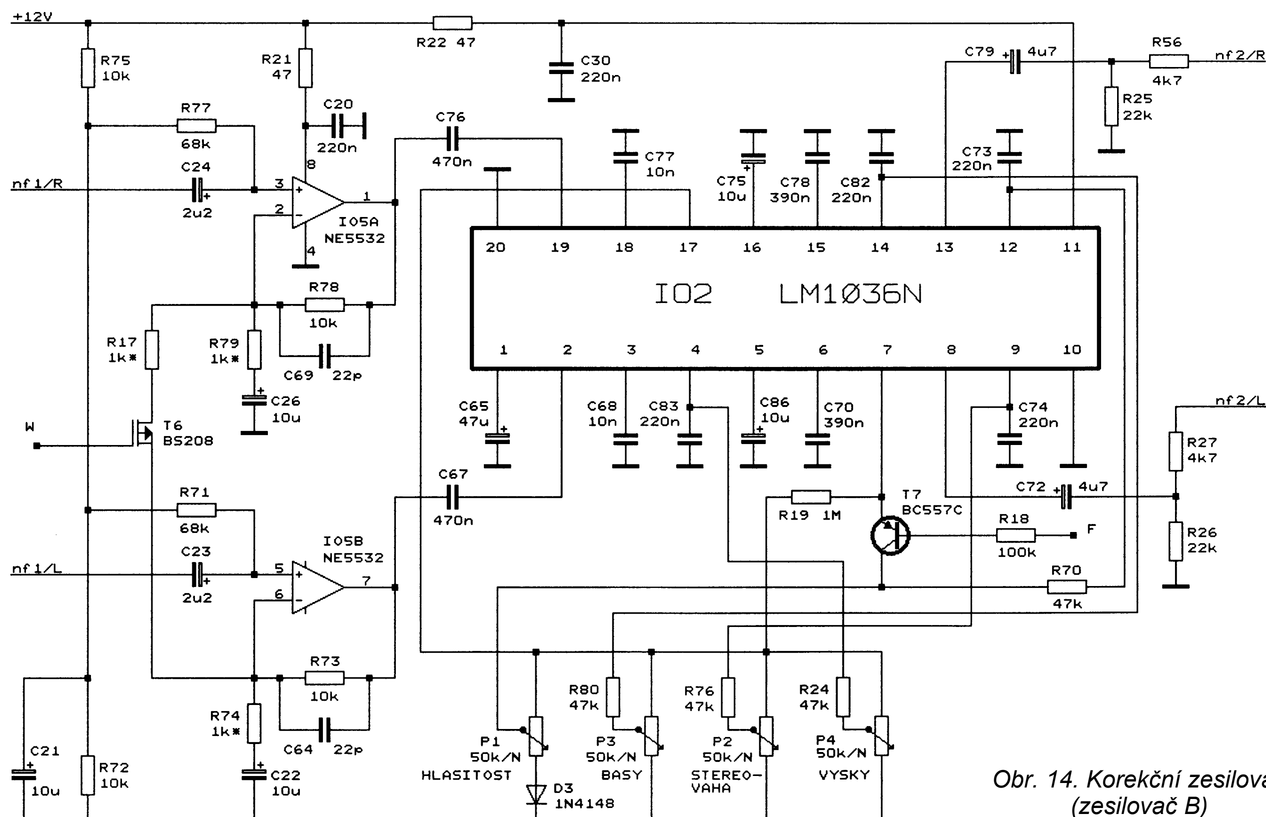
L1, L2	viz text

Polovodiče

D1, D2	1N4148
D4	1N4002
ZD1	BZX85/12
T1, T3	BC547
T4	BC557



Obr. 13. Výkonový zesilovač (zesilovač B)



Obr. 14. Korekční zesilovač (zesilovač B)

T2	BC337-40
IO6, IO7	LM3875

Ostatní součástky

RE1	RP421012 (RT424012, Omron, Finder, Siemens), relé 12 V=
chladič	ZH 610

Korekční zesilovač

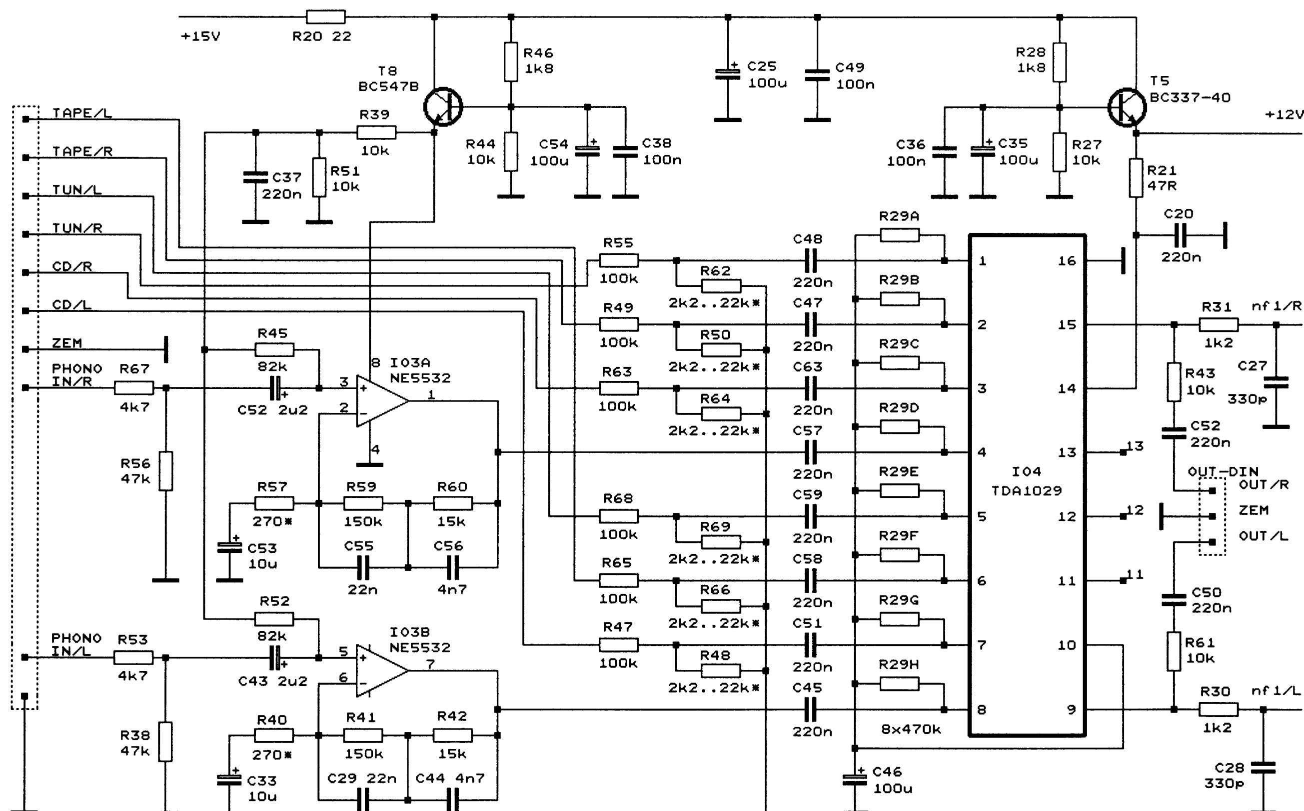
Schéma korekčního zesilovače je na obr. 14.

Korekční zesilovač je osazen obvodem LM1036N a jeho zapojení a funkce je stejná jako v zesilovači A.

Seznam součástek korekčního zesilovače (zesilovač B)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R17, R74, R79	1 kΩ
R18	100 kΩ



Obr. 15. Přepínač vstupů (zesilovač B)

R19	1 MΩ
R21, R22	47 Ω
R24, R70,	
R25, R26	22 kΩ
R27, R56	4,7 kΩ
R71, R77	68 kΩ
R72, R73,	
R75, R78	10 kΩ
R76, R80	47 kΩ

Kondenzátory

C20, C30,	
C73, C74,	
C82, C83	220 nF/40 V, keram.
C21, C22,	
C26, C75,	
C86	10 μF/35 V, SKR
C23, C24	2,2 μF/50 V, SKR
C64, C69	22 pF/100 V, keram.
C65	47 μF/25 V, SKR
C67, C76	470 nF, fóliový
C68, C77	10 nF, fóliový
C70, C78	390 nF, fóliový
C72, C79	4,7 μF/50 V, SKR

Polovodiče

D3	1N4148
T6	BS208
T7	BC557C
IO2	LM1036N (LM1035N)
IO5	NE5532A

Ostatní součástky

P1, P2,	
P3, P4	50 kΩ/N-32b, TP 160A

Přepínač vstupů

Schéma přepínače vstupů je na obr. 15.

Přepínač vstupů je osazen obvodem TDA1029 a jeho zapojení a funkce je stejná jako v zesilovači A.

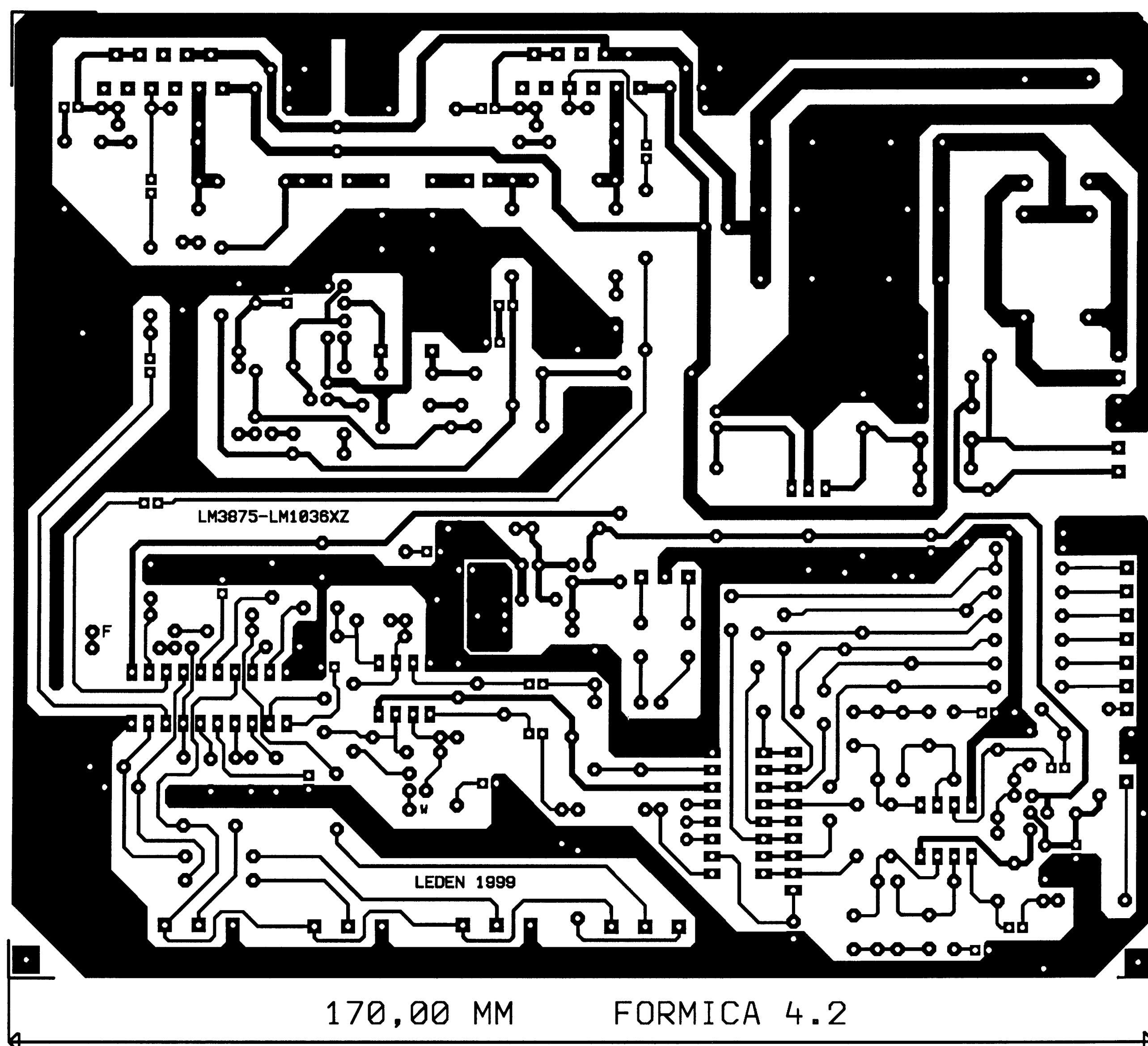
Seznam součástek přepínače vstupů (zesilovač A)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R20	22 Ω
R21	47 Ω
R27, R39, R43,	
R44, R51, R61	10 kΩ
R28, R46	1,8 kΩ
R29	8x 470 kΩ, rezistorová síť
R30, R31	1,2 kΩ
R38, R56	47 kΩ
R40, R57	270 Ω
R41, R59	150 kΩ
R42, R60	15 kΩ
R45, R52	82 kΩ
R47, R49, R55,	
R63, R65, R68	100 kΩ
R48, R50, R62,	
R64, R66, R69	2,2 až 22 kΩ
R53, R67	4,7 kΩ

Kondenzátory

C20, C37	220 nF/40 V, keram.
C25, C35,	
C46, C54	100 μF/16 V, SKR
C27, C28	330 pF/100 V, keram.
C29, C55	22 nF, fóliový
C33, C53	10 μF/35 V, SKR
C36, C38,	
C49	100 nF/40 V, keram.
C43, C52	2,2 μF/50 V, SKR
C44, C56	4,7 nF, fóliový
C45, C47,	
C48, C50,	
C51, C52,	
C57, C58,	
C59, C63	220 nF, fóliový



Obr. 16. Obrazec plošných spojů zesilovače B

Polovodiče

T5	BC337-40
T8	BC547B
IO3	NE5532AN
IO4	TDA1029

Zesilovač C (2x 40 W)

Jako další ukázku si představíme úplný stereofonní zesilovač, jehož parametry jsou díky použitému korekčnímu zesilovači zařazeny do střední třídy.

Zesilovač C má až na poněkud horší odstup signál/šum a absenci funkce FYZIOLOGIE (fyziologické regulace hlasitosti) stejné vlastnosti jako zesilovač A a platí pro něj technické údaje na str. 4.

V korekčním zesilovači je použit integrovaný obvod typu KA2107. Tento IO má poněkud větší šum než LM1036 (šum obvodu KA2107 je přibližně na úrovni šumu obvodu TDA1524) a neumožňuje funkce rozšíření stereofonní báze (WIDE) a fyziologické regulace hlasitosti (FYZIOLOGIE).

Funkci WIDE je možno v korekčním zesilovači doplnit propojením vhodných bodů oddělovacích zesilovačů levého a pravého kanálu rezistorem a spínacím tranzistorem. Fyziologickou regulaci hlasitosti signálu doplnit nelze, to však v mnoha případech nemusí být na závadu, protože kmitočtovou charakteristiku při změně hlasitosti můžeme korigovat potenciometry pro ovládání basů a výšek.

Napájecí zdroj zesilovače C je shodný s napájecím zdrojem zesilovače A a platí pro něj schéma na obr. 1, popis funkce na str. 4 a seznam součástek napájecího zdroje na str. 5.

Výkonový zesilovač zesilovače C je shodný s výkonovým zesilovačem zesilovače A a platí pro něj schéma na obr. 2, popis funkce na str. 5 a seznam součástek výkonového zesilovače na str. 5. Na schématu platí pro zesilovač C označení součástek v závorkách.

Korekční zesilovač je nově zapojen a je zde uvedeno jeho schéma a seznam součástek.

Vstupní zesilovač má stejné zapojení jako u zesilovače A, protože však má jinak očíslované součástky, je zde uvedeno odpovídající schéma a seznam součástek.

Napájecí zdroj (bez síťového transformátoru), výkonový a korekční zesilovač a přepínač vstupů jsou uspořádány na jediné desce s plošnými spoji. Obrazec plošných spojů zesilovače C je na obr. 20, rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 21.

Postup stavby a oživování zesilovače C je stejné jako u zesilovače A.

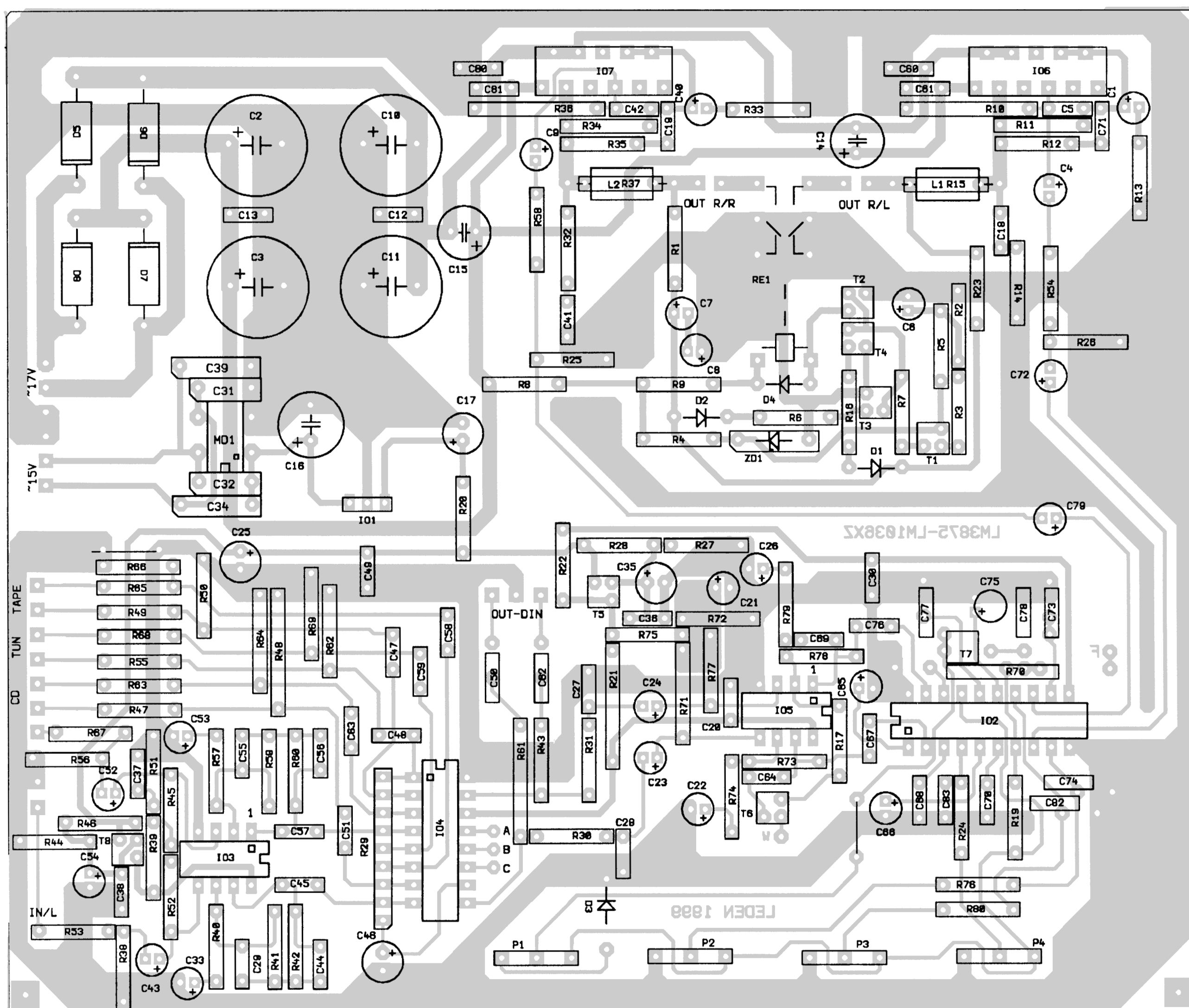
Pro sestavení úplného zesilovače budeme potřebovat ještě desky přepínače funkcí a indikátoru vybuzení, které jsou popsány na str. 11 a 12.

Pokud nevyužijeme funkci WIDE, postačí k doplnění zesilovače C zjednodušený přepínač funkcí, který je popsán dále.

Korekční zesilovač

Schéma korekčního zesilovače je na obr. 18.

Korekční zesilovač je osazen integrovaným obvodem KA2107 (IO2). Tento obvod potřebuje ke své funkci jen minimum vnějších součástek, které jsou převážně použity jako odrušovací členy pro zvětšení stability zapojení.



Obr. 17. Rozmístění součástek zesilovače B na desce s plošnými spoji

Před IO2 je předřazen oddělovací zesilovač s IO3 typu NE5532, který poskytuje potřebné zesílení signálu. V oddělovacím zesilovači je také zapojen obvod pro zajištění funkce WIDE, která se zapíná tranzistorem T6. Hradlo tranzistoru T6 se ovládá přes vývod W signálem z desky přepínače funkcí.

Seznam součástek korekčního zesilovače (zesilovač C)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R17, R135, R141	1 kΩ
R18, R661	5,6 kΩ
R19, R24	4,7 kΩ
R21	47 Ω
R25, R26	22 kΩ
R131, R138, R142, R143	150 Ω
R132, R139	68 kΩ
R133, R134, R136, R140	10 kΩ

Obr. 18. Korekční zesilovač (zesilovač C)

Obr. 19. Přepínač vstupů (zesilovač C)

Kondenzátory

C20, C654, C690	220 nF/40 V, keram.
C21, C22, C26	10 µF/35 V, SKR
C23, C24	2,2 µF/50 V, SKR
C30, C660, C676	100 nF, keram.
C120, C125	22 pF/100 V, keram.
C123, C131	470 nF, fóliový
C127, C134	4,7 µF/50 V, SKR
C656	10 nF, keram.

Polovodiče

T6	BS208
IO2	KA2107
IO5	NE5532

Ostatní součástky

P1, P2, P3, P4	10 kΩ/N-32b, TP 160A

Přepínač vstupů

Schéma přepínače vstupů je na obr. 15.

Přepínač vstupů je osazen obvodem TDA1029 a jeho zapojení a funkce je stejná jako v zesilovači A.

Seznam součástek přepínače vstupů (zesilovač C)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

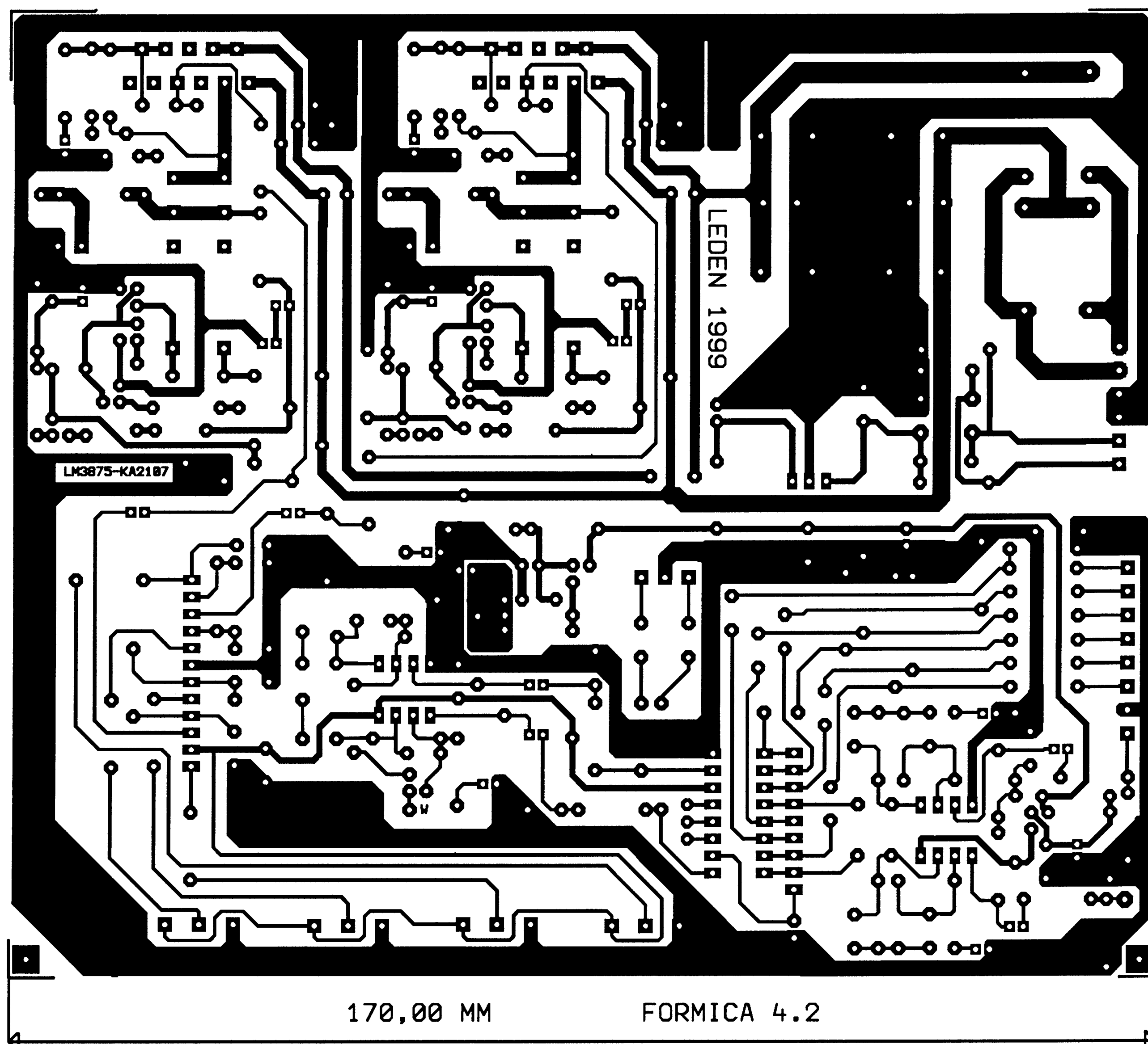
R20	22 Ω
R21	47 Ω
R29	8x 470 kΩ, rezistorová síť
R30, R35	1,2 kΩ
R31, R102, R106, R107, R114, R122	10 kΩ
R32, R109	1,8 kΩ
R101, R118	47 kΩ
R103, R119	270 Ω
R104, R120	150 kΩ
R105, R121	15 kΩ
R108, R115	82 kΩ
R110, R112, R117, R124, R126, R129	100 kΩ
R111, R113, R123, R125, R127, R130	2,2 až 22 kΩ
R116, R128	4,7 kΩ

Kondenzátory

C20, C37	220 nF/40 V, keram.
C25, C35, C105, C112	100 µF/16 V, SKR
C27, C28	330 pF/100 V, keram.
C102, C113	22 nF, fóliový
C33, C53	10 µF/35 V, SKR
C36, C38, C108	100 nF/40 V, keram.
C101, C111	2,2 µF/50 V, SKR
C103, C114	4,7 nF, fóliový
C104, C106, C107, C109, C110, C115, C116, C117, C118, C119	220 nF, fóliový

Polovodiče

T5	BC337-40
T8	BC547B
IO3	NE5532
IO4	TDA1029



Obr. 20. Obrazec plošných spojů zesilovače C

Zjednodušený přepínač funkcí

Schéma zjednodušeného elektronického přepínače funkcí je na obr. 22.

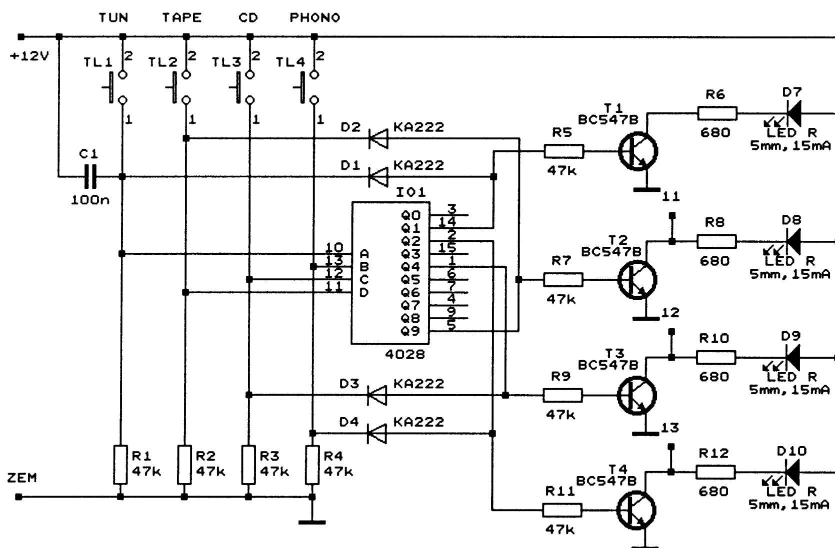
Zapojení vychází ze schématu přepínače funkcí na obr. 7, od kterého se liší pouze tím, že byla vypuštěna tlačítka a obvody pro ovládání funkcí WIDE a FYZIOLOGIE.

Ve zjednodušeném přepínači funkcí byla ponechána tlačítka a obvody pro ovládání přepínače vstupů. Jako paměť zvoleného vstupu slouží dekadický dekodér BCD CMOS 4028 (IO1), který s diodami D1 až D4 pracuje jako čtyřstavový klopný obvod.

Stejně jako u přepínače funkcí na obr. 7 se při zapnutí zesilovače automaticky předvolí vstup TUNER.

Obrazec plošných spojů zjednodušeného přepínače funkcí je na obr. 23, rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 24.

Osazení a oživení desky nemůže činit průměrně zdatným konstruktérům nejmenší problémy. Je nutno mít jen na paměti, že pracujete s obvody typu CMOS.



Obr. 22. Zjednodušený přepínač funkcí (zesilovače C a E)

Seznam součástek zjednodušeného přepínače funkcí (pro zesilovače C a E)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1, R2, R3, R4,
R5, R7, R9, R11 100 kΩ

R6, R8, R10, R12 680 Ω

Kondenzátory

C1 100 nF/40 V, keram.

Polovodiče

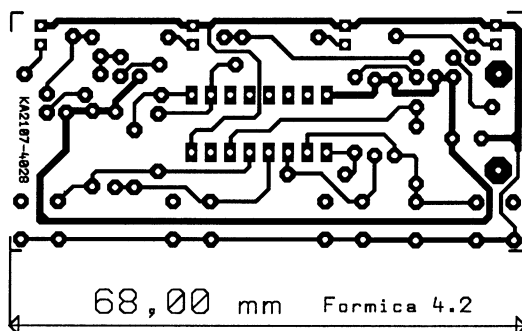
D1, D2, D3, D4 KA222

Obr. 21. Rozmístění součástek zesilovače C na desce s plošnými spoji

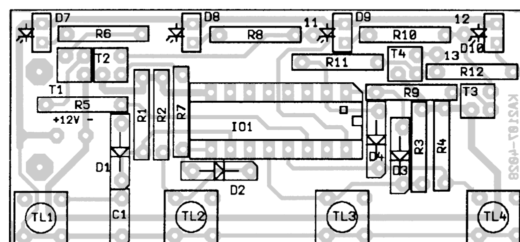
D7, D8, D9, D10	LED červ., 5 mm
T1, T2, T3, T4	KC238B
IO1	CMOS 4028

Ostatní součástky

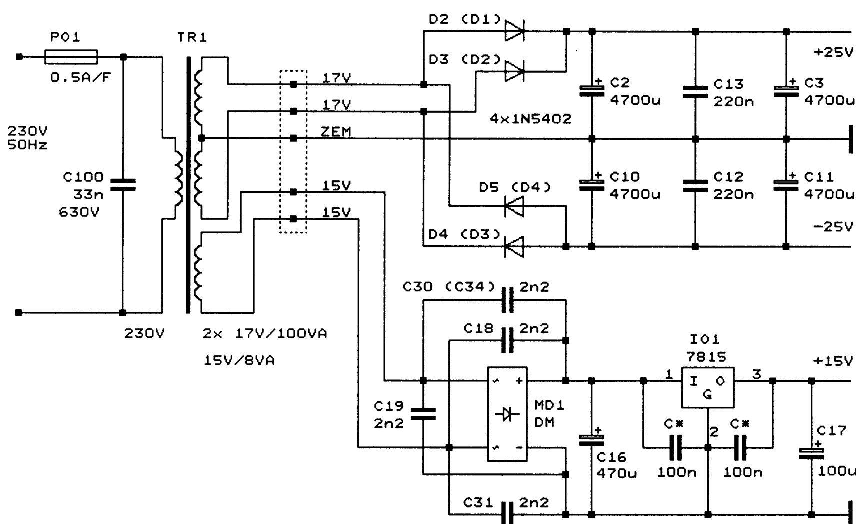
TL1 až TL4	mikrotlačítka



Obr. 23. Obrazec plošných spojů zjednodušeného přepínače funkcí (zesilovače C a E)



Obr. 24. Rozmístění součástek zjednodušeného přepínače funkcí na desce s plošnými spoji (zesilovače C a E)



Obr. 25. Napájecí zdroj pro zesilovače D a E (označení součástek zesilovače E jsou v závorkách)

Zesilovač D (2x 50 W)

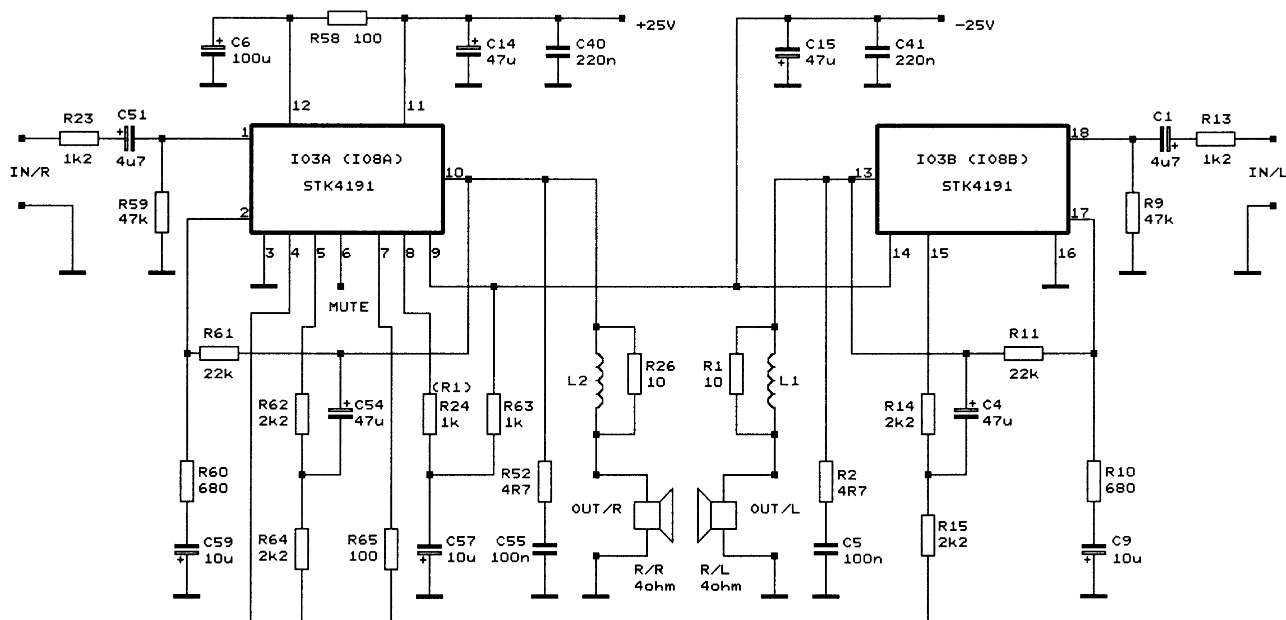
Zesilovač D je osazen výkonovým integrovaným obvodem STK4191II a má sinusový výkon 2x 50 W. Korekční zesilovač je osazen obvodem typu TDA4292.

Opět i tento zesilovač právem patří do třídy hifi a jeho jedinou nevýhodou je to, že není chráněn proti zkratu na výstupech. Pro dosažení velké dynamiky přednesu a malého intermodulačního zkreslení tyto ochrany nejsou na křemíkovém substrátu obvodu STK implementovány. Aby se zmenšila možnost zničit výkonový zesilovač zkratem, jsou na výstupní svorky připojeny členy *LR*, které významnou měrou zvětšují stabilitu zapojení.

Výhodou použití obvodu STK4191II je jednodušší konstrukce zesilovače, protože výkonové zesilovače obou kanálů jsou v jednom pouzdře a pouzdro nemusí být izolováno od chladiče.

Subjektivní poslechové zkoušky prokázaly, že zvuk zesilovače je průzračný, zní měkce a při přebuzení se neobjevují žádné příznaky zákmitů.

Napájecí zdroj zesilovače D má stejné zapojení jako zdroj pro zesilovače A až C, ale je „silnější“ a proto je dále uvedeno jeho schéma a seznam součástek. Výkonový a korekční zesilovač se liší od výkonových korekčních zesilovačů v zesilovačích A až C a proto budou popsány podrobněji. Vstupní zesilovač je zapojen stejně jako u zesilovače A, protože však má jinak očíslované součástky, je zde



Obr. 26. Výkonový zesilovač (zesilovače D a E, označení součástek zesilovače E jsou v závorkách)

uvedeno odpovídající schéma a seznam součástek.

Napájecí zdroj (bez síťového transformátoru), výkonový a korekční zesilovač a přepínač vstupů jsou uspořádány na jediné desce s plošnými spoji.

Obrazec plošných spojů zesilovače D je na obr. 29, rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 30.

Postup stavby a oživování zesilovače D je stejný jako u zesilovače A.

Pro sestavení úplného zesilovače budeme potřebovat ještě desky přepínače funkcí a indikátoru vybuzení, které jsou popsány na str. 11 a 12.

Napájecí zdroj

Schéma napájecího zdroje pro zesilovače D a E je na obr. 25.

Až na použití výkonnějšího síťového transformátoru a přečíslování součástek je zdroj zapojen stejně jako zdroje pro zesilovače A až C a proto pro něj platí popis funkce na str. 4.

Seznam součástek napájecího zdroje pro zesilovače D a E

Kondenzátory

C2, C3, C10, C11	4700 μF/35 (25) V, SKR
C12, C13	220 nF/40 V, keram.
C16	470 μF/25 V, SKR
C17	100 μF/16 V, SKR
C18, C19, C30 (C34), C31	2,2 nF/40 V, keram.
C100	33 nF/630 V, TC 208
C*	100 nF/40 V, keram.

Polovodiče

D2 (D1), D3 (D2), D4 (D3), D5 (D4)	1N5402
MD1	diodový můstek DIP
IO1	LM7815

Ostatní součástky

TR1	transformátor toroidní, 230 V//2x 17 V/100 VA, 15 V/8 VA
PO1	trubičková pojistka 5 x 20 mm, 0,5 A/F

Výkonový zesilovač

Schéma výkonového zesilovače je na obr. 26. Nf signál obou kanálů je zesilován monolitickým výkonovým zesilovačem IO3 typu STK4191II. Popíšeme si zde zapojení levého kanálu.

Nízkofrekvenční signál přichází přes ochranný rezistor R13 a oddělovací elektrolytický kondenzátor C1 na neinvertující vstup výkonového integrovaného obvodu IO3B. Napěťové zesílení levého kanálu je nastaveno poměrem odporů rezistorů R11 a R10 na velikost přibližně 30. Zpětnovazební obvod je galvanicky oddělen elektrolytickým kondenzátorem C9. Další rezistory a elektrolytické kondenzátory jsou použity pro nastavení pracovních bodů napěťového a proudového zesilovače s obvody MUTE.

Na výstupní svorku zesilovače je zařazen Boucherottův člen *RC* a článek *RL* pro zvětšení stability zesilovače v nadakustickém kmitočtovém pásmu. Cívky L1 a L2 jsou samonosné a jsou zhotoveny navinutím deseti závitů měděného drátu o průměru 1 mm s lakovou izolací na průměr 8 mm. Do cívek jsou vloženy a připájeny rezistory R1 a R26.

Napájecí napětí v obou větvích jsou blokována elektrolytickými kondenzátory C14 a C15 a keramickými kondenzátory C40 a C41.

Pravý kanál je řešen obdobným způsobem.

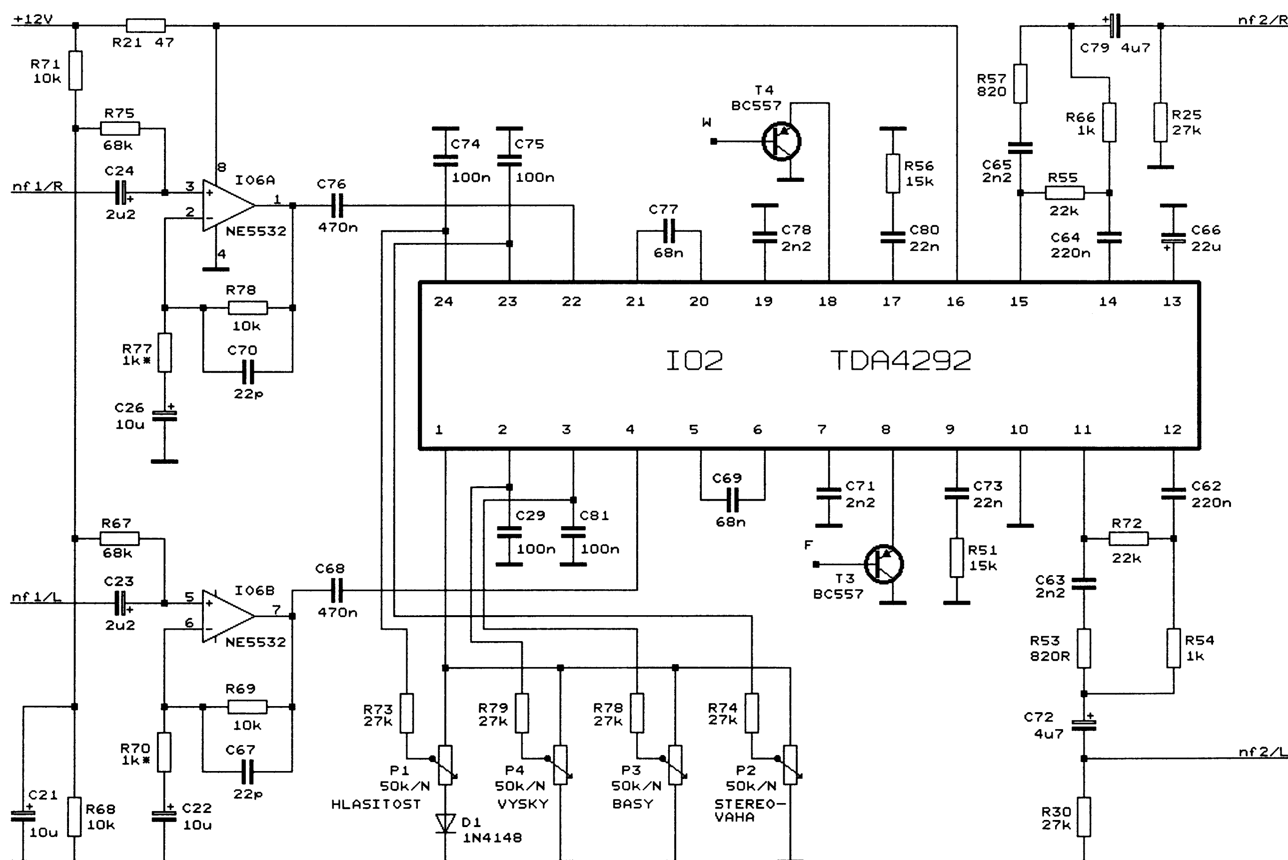
Seznam součástek výkonového zesilovače (zesilovače D a E)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1, R26	10 Ω/2 W
R2, R52	4,7 Ω
R9, R59	47 kΩ
R10, R60	680 Ω
R11, R61	22 kΩ
R13, R23	1,2 kΩ
R14, R15, R62, R64	2,2 kΩ
R24 (R1), R63	1 kΩ
R58, R65	100 Ω

Kondenzátory

C1, C51	4,7 μF/50 V, SKR
C4, C14, C15, C54	47 μF/25 V, SKR



Obr. 27. Korekční zesilovač (zesilovač D)

C5, C55	100 nF/40 V, keram.
C6	100 μF/16 V, SKR
C9, C57, C59	10 μF/35 V, SKR
C40, C41	220 nF/40 V, keram.

Cívky

L1, L2	viz text

Polovodiče

IO3	STK4191II

Ostatní součástky

chladič	ZH 610

Korekční zesilovač

Korekční zesilovač je osazen integrovaným obvodem TDA4292 výroby SIEMENS, který je svými parametry a funkcemi velice podobný obvodu LM1040 od firmy National Semiconductor. Určitou nevýhodou obvodu je to, že je na našem trhu trošičku obtížněji k sehnání.

Výhoda obvodu spočívá v tom, že má v sobě vnitřně vestavěné funkce fyziologické regulace hlasitosti (FYZIOLOGIE) a rozšíření stereofonní báze (WIDE). Tyto funkce je možno velice snadno elektronicky ovládat.

Schéma korekčního zesilovače je na obr. 27.

K zapínání funkcí WIDE a fyziologické regulace hlasitosti jsou použity tranzistory pnp (T3 a T4). Pokud byste chtěli trošku experimentovat s funkcí WIDE, lze si to vyzkoušet změnou odporů rezistorů R51 a R56 a kapacit svitkových kondenzátorů C73 a C80.

Regulační rozsah hloubek je možno v určitých mezích měnit velikostí kapacit svitkových kondenzátorů C69 a C77, regulační rozsah výšek je možno ovlivnit kapacitou svitkových kondenzátorů C71 a C78. Kmitočtový průběh při fyziologické regulaci hlasitosti je v levém kanálu nastaven odpory rezistorů R53, R54 a R72 a kapacitami svitkových kondenzátorů C62 a C63, v pravém kanálu odpory rezistorů R57, R66 a R55 a kapacitami svitkových kondenzátorů C64 a C65. Změnou hodnot uvedených součástek lze v určitých mezích výsledný vjem měnit.

Výstupní nízkofrekvenční signál je galvanicky oddělen elektrolytickými kondenzátory C72 a C79. Správné polarizování těchto kondenzátorů je zajištěno rezistory R25 a R30.

Pro zlepšení průběhu regulace hlasitosti je do obvodu potenciometru P1 zapojena křemíková dioda D1. Na diodě je úbytek napětí 0,7 V a tím je posunuta úroveň regulace. Nežádoucí rušivá napětí na regulačních vstupech korekčního obvodu IO2 jsou potlačena filtry *RC*, složenými z rezistorů R73, R79, R78, R74 a keramických kondenzátorů a C74, C75, C81 a C29.

Před korekční zesilovač je zařazen oddělovací zesilovač nízkofrekvenčního signálu, jehož zesílení lze podle požadavku konstruktéra pohodlně nastavit velikostí odporů zpětnovazebních rezistorů R70 a R77. Zpětná vazba je kmitočtově kompenzována keramickými kondenzátory C67 a C70. Při napěťovém zesílení v rozmezí 6 až 15 nebylo nutné tyto kondenzátory vůbec použít. Významnou roli též hraje použitý materiál desky s plošnými spoji.

Pracovní bod oddělovacích zesilovačů je nastaven kladným předpětím o velikosti poloviny napájecího napětí. Předpětí je zavedeno oddělovacími rezistory R67 a R75 z odporového děliče R71 a R68. Předpětí je filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C21. Vstupy a výstupy oddělovacího zesilovače jsou vázány střídavě oddělovacími elektrolytickými kondenzátory C23 a C24 a svitkovými kondenzátory C68 a C76. Zpětnovazební děliče oddělovacích zesilovačů jsou galvanicky odděleny od země elektrolytickými kondenzátory C22 a C26.

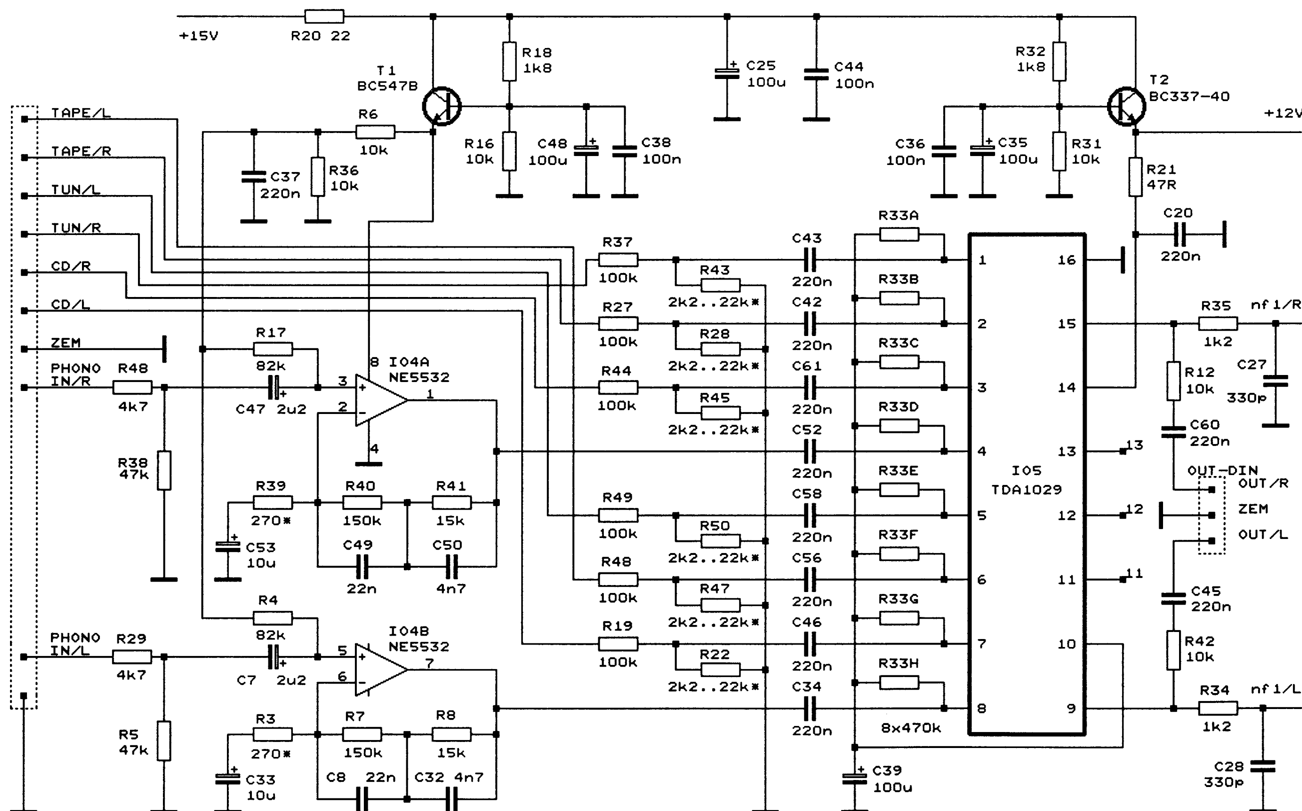
Seznam součástek korekčního zesilovače (zesilovač D)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R21	47 Ω
R25, R30, R73, R74, R78, R79	27 kΩ
R51, R56	15 kΩ
R53, R57	820 Ω
R54, R66, R70, R77	1 kΩ
R55, R72	22 kΩ
R67, R75	68 kΩ
R68, R69, R71, R78	10 kΩ

Kondenzátory

C21, C22, C26	10 μF/35 V, SKR
C23, C24	2,2 μF/50 V, SKR



Obr. 28. Přepínač vstupů (zesilovač D)

C29, C74,	
C75, C81	220 nF/40 V, keram.
C62, C64	220 nF, fóliový
C63, C65,	
C71, C78	2,2 nF, fóliový
C66	22 µF/25 V, SKR
C67, C70	22 pF/100 V, keram.
C68, C76	470 nF, fóliový
C69, C77	68 nF, fóliový
C72, C79	4,7 µF/50 V, SKR
C73, C80	22 nF, fóliový

Polovodiče

D1	1N4148
T3, T4	BC557
IO2	TDA4292
IO6	NE5532AN(AP)

Ostatní součástky

P1, P2,	
P3, P4	50 kΩ/N-32b, TP 160A

Přepínač vstupů

Schéma přepínače vstupů je na obr. 28.

Přepínač vstupů je osazen obvodem TDA1029 a jeho zapojení a funkce je stejná jako v zesilovači A. V tomto přepínači vstupů (v zesilovači D) bylo pouze nepatrně upraveno zapojení vstupů pro magnetodynamickou přenosku, kde byly rezistory R29 a R48 pro potlačení signálu ze středovlnných vysílačů přemístěny přímo ke vstupním svorkám.

Seznam součástek přepínače vstupů (zesilovač D)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

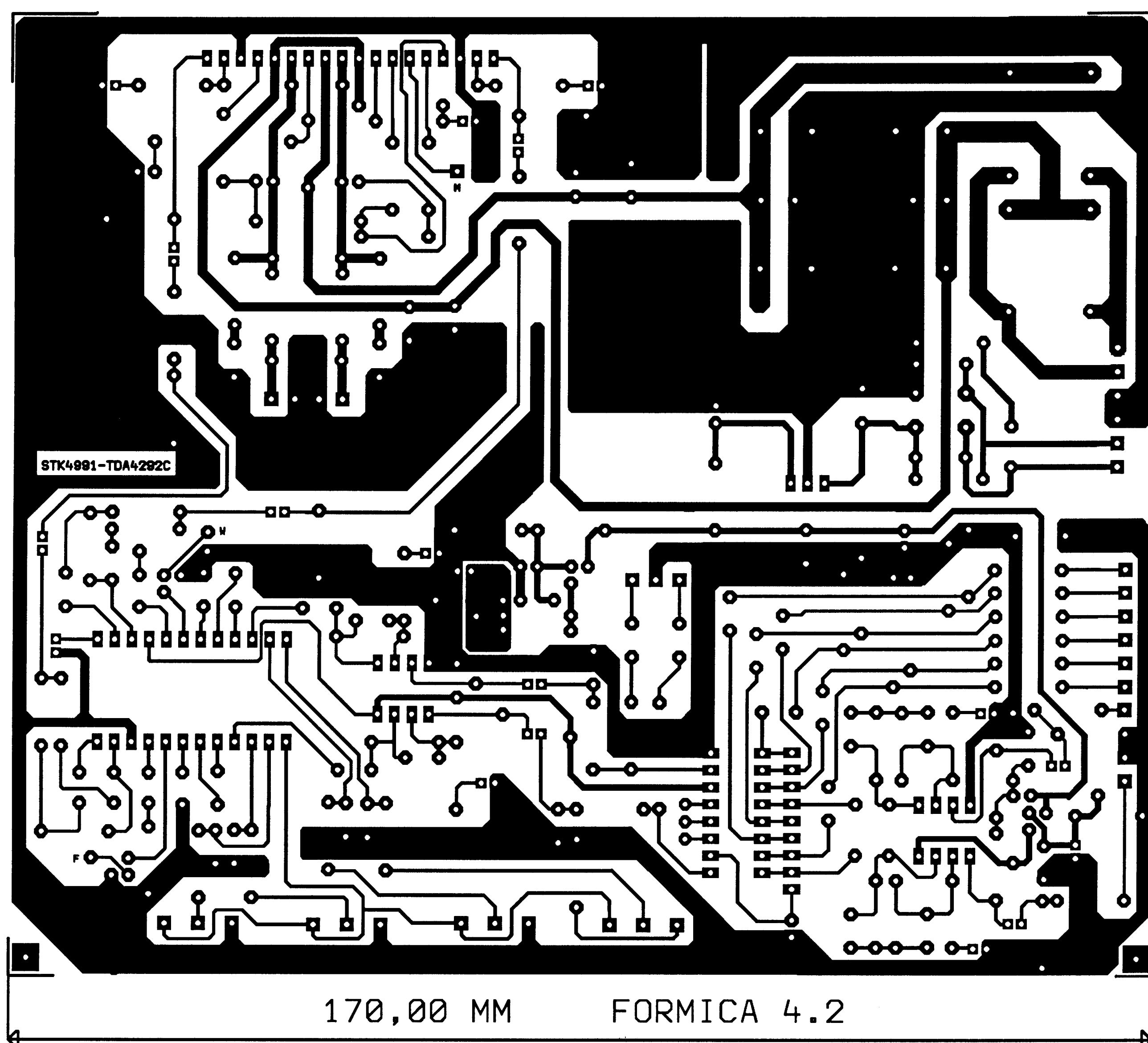
R3, R39	270 Ω
R4, R17	82 kΩ
R5, R38	47 kΩ
R6, R12, R16,	
R31, R36, R42	10 kΩ
R7, R40	150 kΩ
R8, R41	15 kΩ
R18, R32	1,8 kΩ
R19, R27, R37,	
R44, R48, R49	100 kΩ
R20	22 Ω
R21	47 Ω
R22, R28, R43,	
R45, R47, R50	2,2 až 22 kΩ
R29, R48	4,7 kΩ
R33	8x 470 kΩ, rezistorová síť
R34, R35	1,2 kΩ

Kondenzátory

C7, C47	2,2 µF/50 V, SKR
C8, C49	22 nF, fóliový
C20, C37	220 nF/40 V, keram.
C25, C35,	
C39, C48	100 µF/16 V, SKR
C27, C28	330 pF/100 V, keram.
C32, C50	4,7 nF, fóliový
C33, C53	10 µF/35 V, SKR
C36, C38,	
C44	100 nF/40 V, keram.
C34, C42,	
C43, C45,	
C46, C52,	
C56, C58,	
C60, C61	220 nF, fóliový

Polovodiče

T2	BC337-40
T1	BC547B
IO4	NE5532AN(AP)
IO5	TDA1029



Obr. 29. Obrazec plošných spojů zesilovače D

Zesilovač E (2x 50 W)

Pro případné zájemce, kteří si chtějí vyzkoušet zapojení s korekčním zesilovačem KA2107 a hybridním výkonovým stupněm řady STK, a kteří zároveň požadují, aby stavebnice nízkofrekvenčního zesilovače byla co nejlacinější a přitom parametry celkového zesilovače byly zařazeny alespoň do střední třídy, předkládám konstrukci zesilovače E.

V zesilovači E je zkombinován napájecí zdroj a výkonový zesilovač 2x 50 W s obvodem STK4191II ze zesilovače D a korekční zesilovač s obvodem KA2107 a přepínač vstupů ze zesilovače C.

Jednoduchost zesilovače E je vykoupená minimální ochranou vůči tepelnému, napěťovému a zkratovému namáhání výkonového zesilovače a nemožností využít funkce rozšíření stereofonní báze (WIDE) a fyziologické regulace hlasitosti (FYZIOLOGIE). Přesto však doufám, že mezi příznivci nízkofrekvenční techniky najde své obdivovatele a nadšence.

Stavba zesilovače nemá žádná úskalí a při pečlivém osazování součástek a následném pájení Vás zesilovač příjemně překvapí svým přednesem. Doporučuji opět nepřekračovat napájecí napětí ±25 V (bez zatížení) na elektrolytických kondenzátorech C2 a C10.

Napájecí zdroj zesilovače E je shodný s napájecím zdrojem zesilovače D a platí pro něj schéma na obr. 25, popis funkce na str. 21 a seznam součástek napájecího zdroje na str. 21. Na schématu platí pro zesilovač E označení součástek v závorkách.

Výkonový zesilovač zesilovače E je shodný s výkonovým zesilovačem zesilovače D a platí pro něj schéma na obr. 26, popis funkce na str. 21 a seznam součástek výkonového zesilovače na str. 21. Na schématu platí pro zesilovač E označení součástek v závorkách.

Korekční zesilovač má stejné zapojení jako u zesilovače C, protože však má jinak očíslované součástky, je zde uvedeno odpovídající schéma a seznam součástek.

Vstupní zesilovač má stejné zapojení jako u zesilovače C, protože však má jinak očíslované součástky, je zde uvedeno odpovídající schéma a seznam součástek.

Napájecí zdroj (bez síťového transformátoru), výkonový a korekční zesilovač a přepínač vstupů jsou uspořádány na jediné desce s plošnými spoji.

Obrazec plošných spojů zesilovače E je na obr. 33, rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 34.

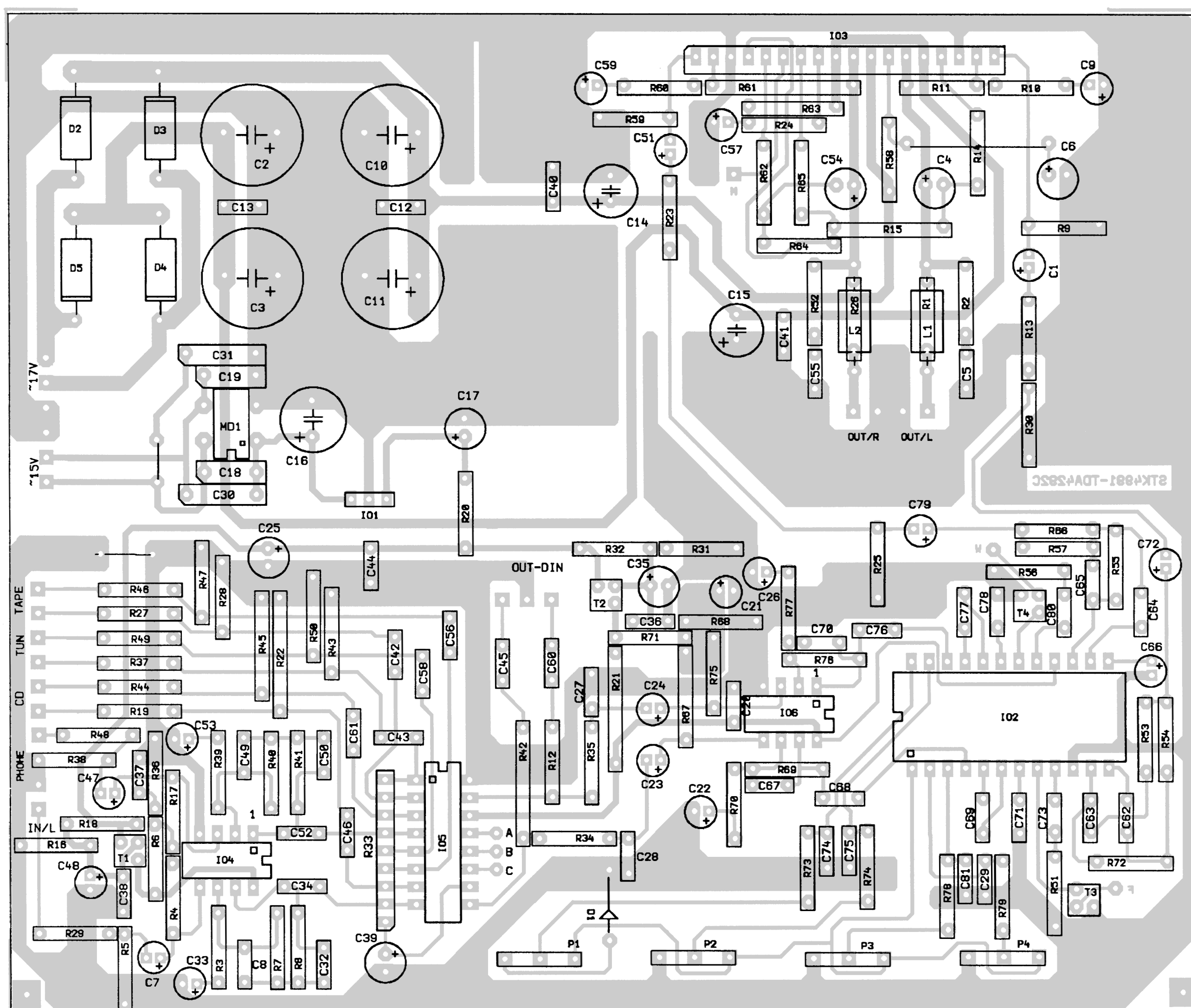
Postup stavby a oživování zesilovače E je stejné jako u zesilovače A.

Pro sestavení úplného zesilovače budeme potřebovat ještě desky zjednodušeného přepínače funkcí a indikátoru vybuzení, které jsou popsány na str. 19 a na str. 12.

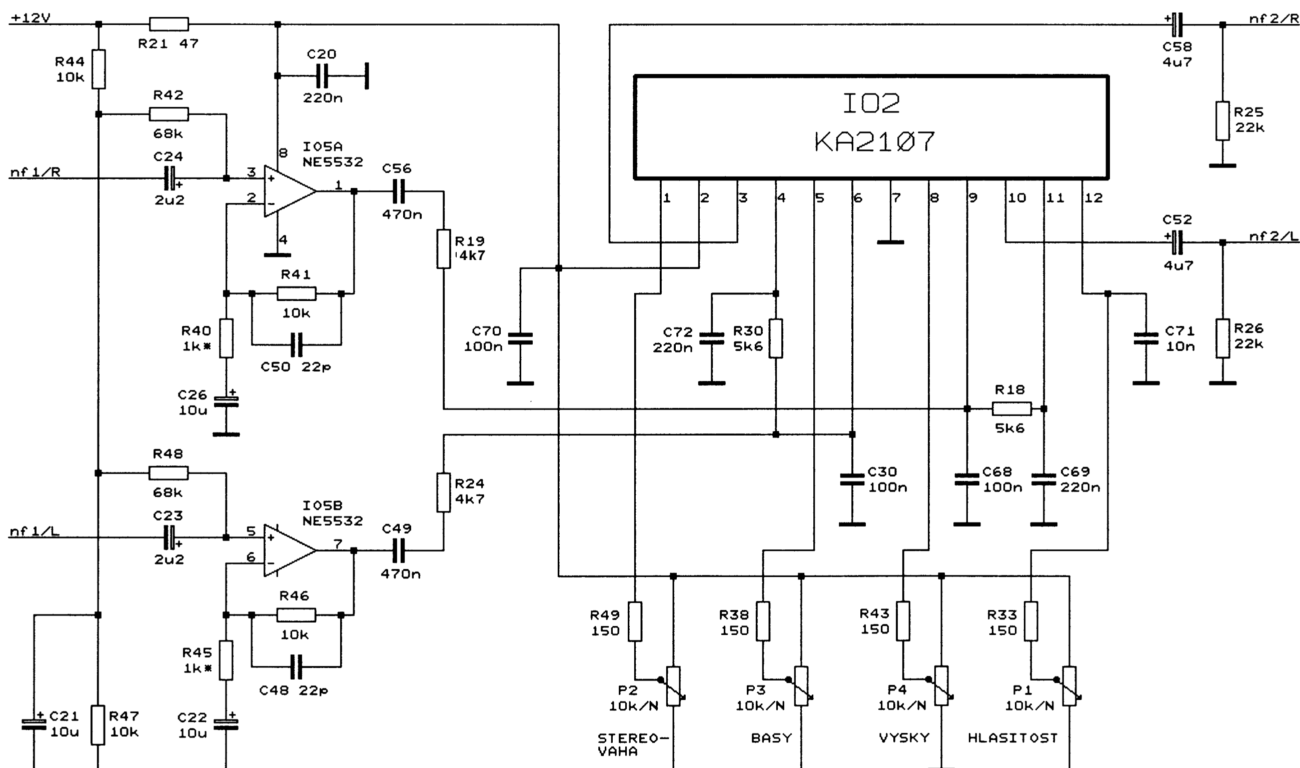
Korekční zesilovač

Schéma korekčního zesilovače je na obr. 31.

Korekční zesilovač je osazen integrovaným obvodem KA2107 nebo jeho ekvivalentem AN5836 (IO2) a jeho zapojení a funkce je stejná jako v zesilovači C.



Obr. 30. Rozmístění součástek zesilovače D na desce s plošnými spoji



Obr. 31. Korekční zesilovač (zesilovač E)

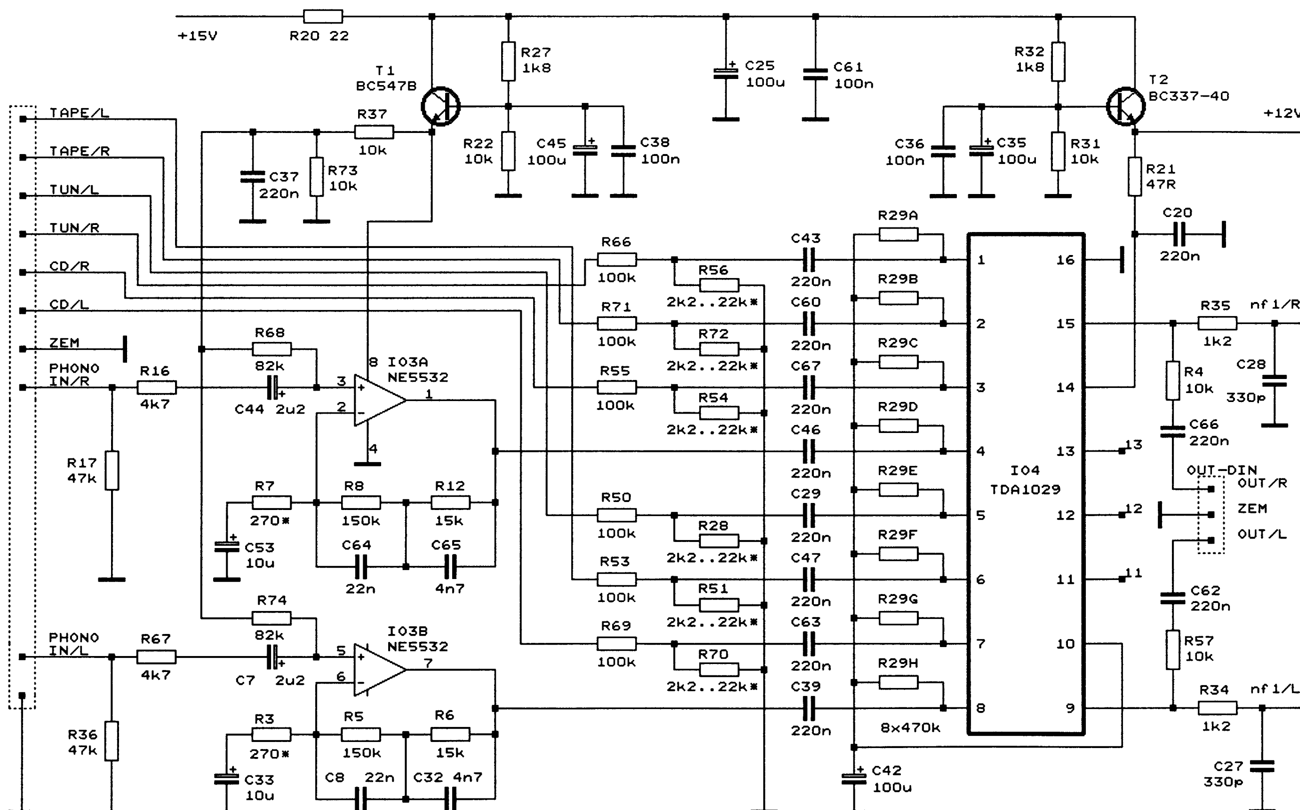
Seznam součástek korekčního zesilovače (zesilovač E)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R18, R30 5,6 kΩ
R19, R24 4,7 kΩ
R21 47 Ω
R25, R26 22 kΩ
R33, R38, R40, R45 1 kΩ
R41, R44, R46, R47 10 kΩ
R42, R48 68 kΩ
R43, R49 150 Ω

Kondenzátory

C20, C69, C72 220 nF/40 V, keram.
C21, C22, C26 10 μF/35 V, SKR
C23, C24 2,2 μF/50 V, SKR
C30, C68, C70 100 nF, keram.
C48, C50 22 pF/100 V, keram.
C49, C56 470 nF, fóliový
C52, C58 4,7 μF/50 V, SKR



Obr. 32. Přepínač vstupů (zesilovač E)

C71	10 nF, keram.

Polovodiče

IO2	KA2107 (AN5836)
IO5	NE5532

Ostatní součástky

P1, P2, P3, P4	10 kΩ/N-32b, TP 160A

Přepínač vstupů

Schéma přepínače vstupů je na obr. 32.

Přepínač vstupů je osazen obvodem TDA1029 a jeho zapojení a funkce je stejná jako v zesilovači C.

Seznam součástek přepínače vstupů (zesilovač E)

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R3, R7	270 Ω
R4, R22, R31, R37, R57, R73	10 kΩ
R5, R8	150 kΩ
R6, R12	15 kΩ
R16, R67	4,7 kΩ
R17, R36	47 kΩ
R20	22 Ω
R21	47 Ω
R27, R32	1,8 kΩ
R28, R51, R54, R56, R70, R72	2,2 až 22 kΩ
R29	8x 470 kΩ, rezistorová síť
R34, R35	1,2 kΩ
R50, R53, R55, R66, R69, R71	100 kΩ
R68, R74	82 kΩ

Kondenzátory

C7, C44	2,2 µF/50 V, SKR
C8, C64	22 nF, fóliový
C20, C37	220 nF/40 V, keram.
C25, C35, C27, C28	330 pF/100 V, keram.
C29, C39, C43, C46, C47, C60, C62, C63, C66, C67	220 nF, fóliový
C33, C53	10 µF/35 V, SKR
C36, C38, C61	100 nF/40 V, keram.
C42, C45	100 µF/16 V, SKR
C103, C114	4,7 nF, fóliový

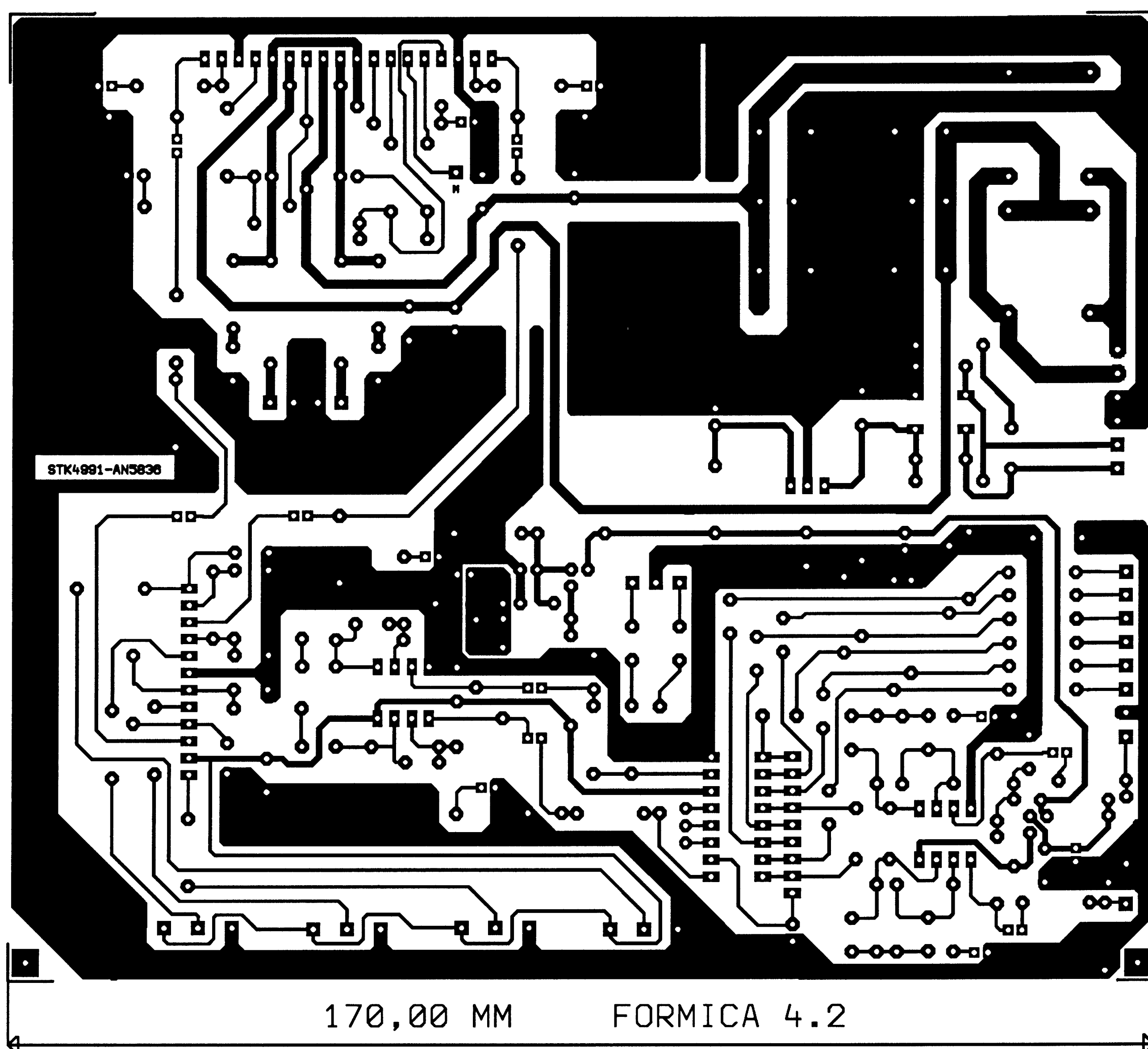
Polovodiče

T1	BC547B
T2	BC337-40
IO3	NE5532
IO4	TDA1029

Zesilovač 80 W pro subwoofer A

Díky neustálému pokroku ve zdokonalování věrnosti přenosu zvuku se v poslední době jakoby roztrhl pytel s domácími studii a reproduktorovými soustavami, které jsou složeny ze subwooferu a satelitních reproduktorových soustav.

Subwoofer díky svému velikému vnitřnímu objemu vyzařuje s největší účinností a akustickým výkonem hluboké tóny, satelitní reproduktorové soustavy pak vyzařují střední a vysoké kmitočty. Tímto uspořádáním je do-



Obr. 33. Obrazec plošných spojů zesilovače E

sažena větší věrnost v prostorovém přenosu zvuku.

Pro zmenšení různých rušivých složek signálu se výkonový zesilovač pro subwoofer nejčastěji umisťuje přímo do reproduktorové skříně subwooferu. Ještě lepší je do reproduktorové skříně vestavět i napájecí zdroj k tomuto zesilovači.

Pro zájemce o tyto konstrukce předkládám výkonový zesilovač, který je osazen výkonovým integrovaným obvodem LM3875 firmy National Semiconductor. Tento výkonový operační zesilovač je právem zařazen do kategorie „Overture" a svým trvalým sinusovým výkonem 40 W dostatečně vybudí kvalitní výkonové reproduktorové soustavy.

Předností obvodu LM3875 oproti jeho stejně výkonnému kolegovi LM3876 je jeho konstrukční jednoduchost, protože neobsahuje obvody MUTE, což zjednodušuje návrh desky s plošnými spoji.

Je jen ke cti některých distribučních firem, že tento vynikající obvod začali na náš trh již dovážet.

Obvod LM3875 má trvalý výstupní výkon minimálně 40 W, typicky 55 W. Při výkonu 40 W a šířce pásma 20 kHz je harmonické zkreslení obvodu 0,06 %. Šumové napětí, přepočtené na vstup je 2 μV při odporu zdroje signálu 600 Ω. Šířka pásma (- 3 dB) je 100 kHz. Odstup signál/šum při výkonu 40 W je 114 dB. Klidový proud obvodu je 30 až 70 mA.

V popisovaném zesilovači pro subwoofer A jsou použity dva obvody LM3875 v můstkovém zapojení.

Technické údaje

Trvalý sinusový výkon:
min. 80 W při 0,2 % harm. zkreslení.

Zatěžovací impedance: 8 Ω.

Kmitočtová charakteristika:
20 Hz až 30 kHz/3 dB.

Vstupní citlivost: 1,00 V.

Odstup signál/šum:
min. 90 dB při výkonu 40 W.

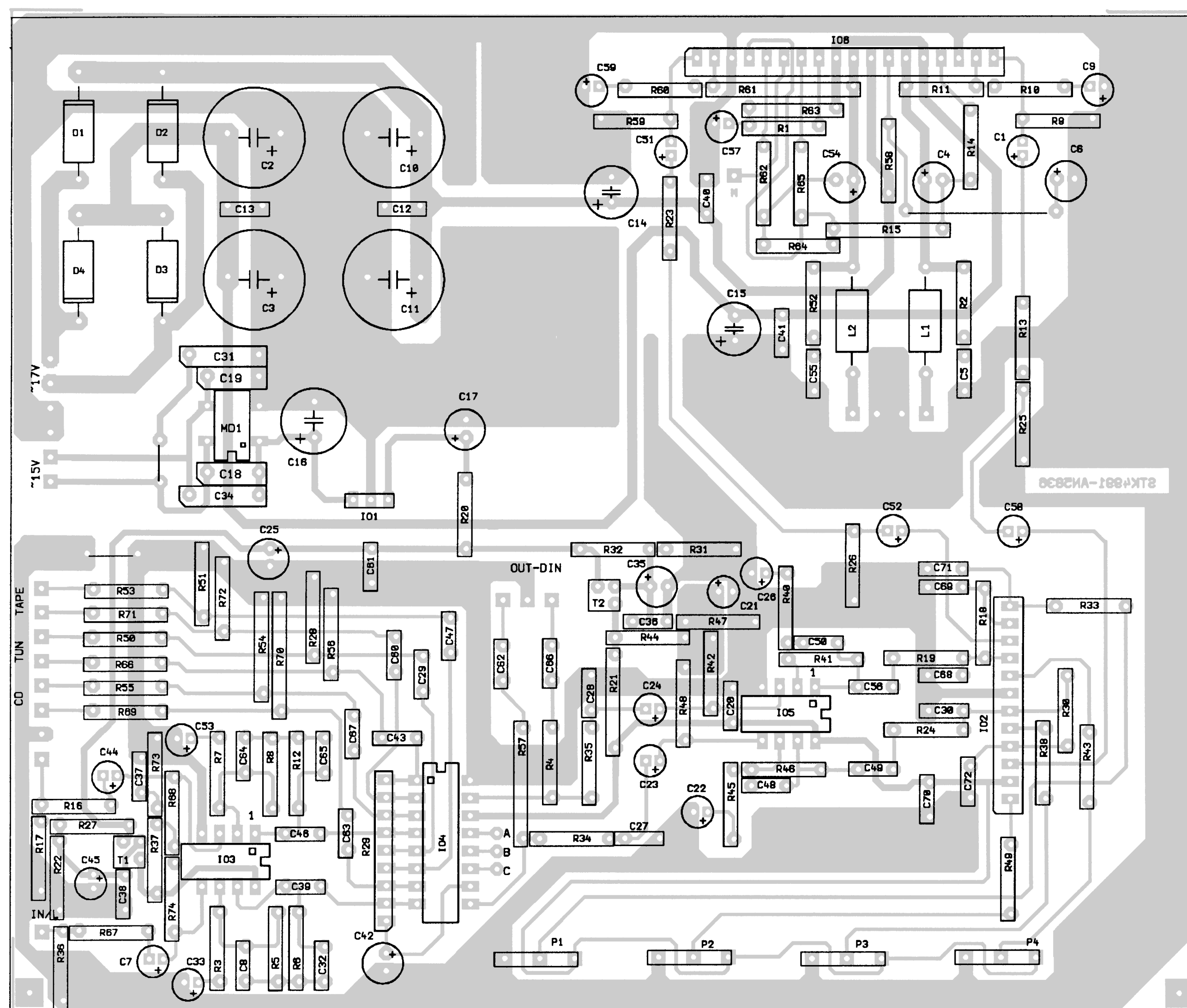
Popis zapojení a konstrukce

Schéma zapojení můstkového zesilovače pro subwoofer A je na obr. 35.

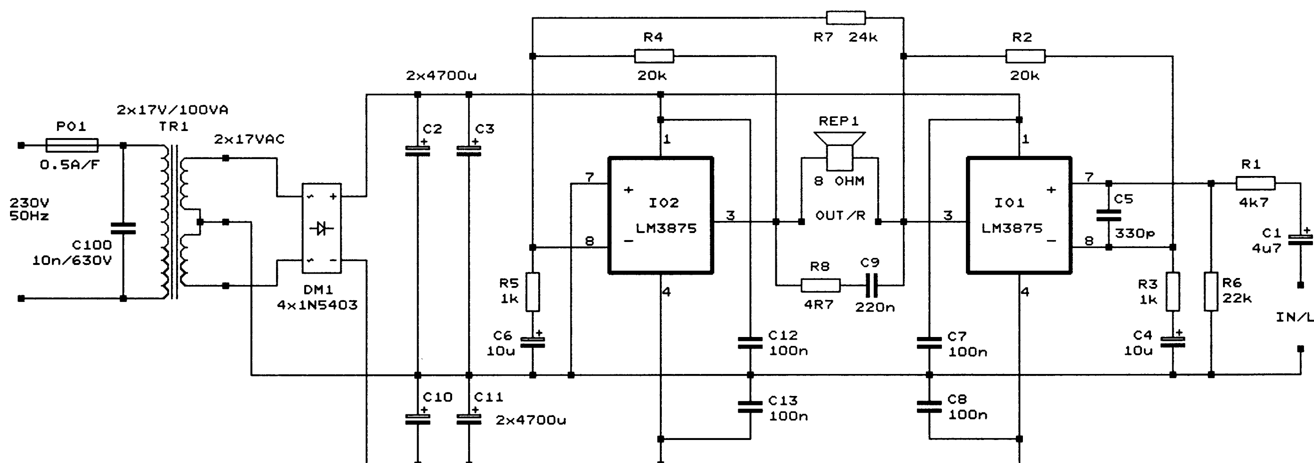
Nízkofrekvenční signál je přiváděn přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C1 a odrušovací rezistor R1 na neinvertující vstup výkonového integrovaného obvodu IO1 typu LM3875. Odpor rezistoru R6 určuje vstupní odpor zesilovače. Pro zvětšení stability zesilovače v oblasti nadakustických kmitočtů byl mezi vstupy IO1 zapojen keramický kondenzátor C5, který spolu s rezistorem R1 tvoří dolní propust. Napěťové zesílení je nastaveno zpětnovazebním odporovým děličem s rezistory R2 a R3, dělič je galvanicky oddělen elektrolytickým kondenzátorem C4. Napájení obvodu je blokováno keramickými kondenzátory C7 a C8.

K výstupu IO1 je připojen jeden pól reproduktoru REP1. Pokud bychom spojili druhý pól reproduktoru se zemí (GND), mohl by dodávat obvod IO1 do zátěže 4 Ω výkon 40 W. Pro dosažení požadovaného výkonu 80 W použijeme při stejné velikosti napájecího napětí můstkové zapojení s dalším výkonovým integrovaným obvodem IO2.

Kdybychom dodrželi impedanci zátěže 4 Ω, dosáhli bychom teoretického výkonu 160 W, ale výkonové inte-



Obr. 34. Rozmístění součástek zesilovače E na desce s plošnými spoji



Obr. 35. Zesilovač 80 W s 2x LM3875 pro subwoofer A

grované obvody by byly neúměrně proudově a tepelně namáhány a určitě by začaly intenzívně fungovat vnitřní elektronické pojistky. To by v konečném důsledku vedlo k silně zkreslené reprodukci zvuku a zvyšování teploty pouzder obvodů nad povolenou mez.

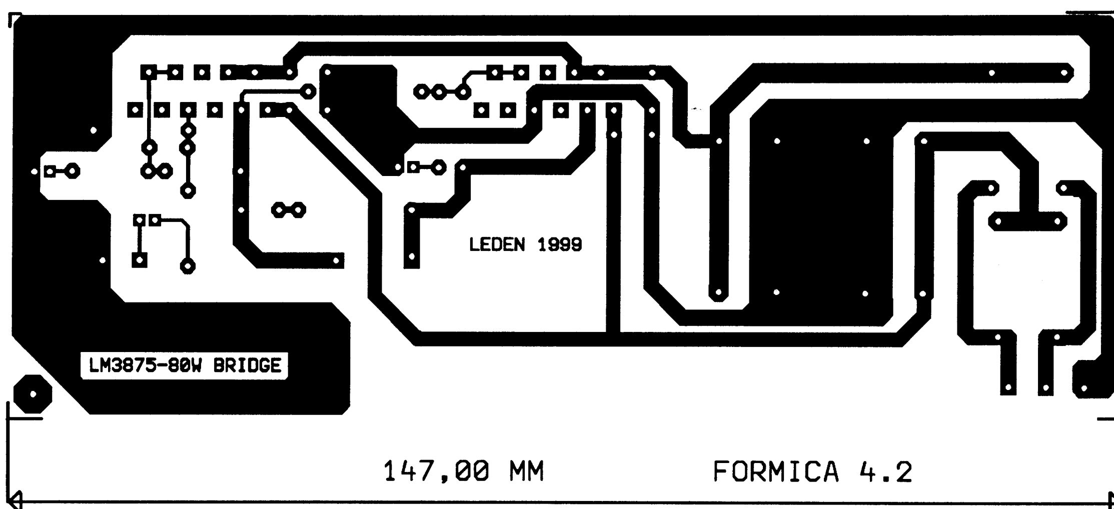
Proto zatížíme zesilovač impedancí 8 Ω, do které dodají můstkově zapojené obvody právě požadovaný výkon 80 W při dostatečné bezpečnosti a stabilitě celého zapojení.

Pro získání protitaktního signálu na výstupu IO2 je signál z výstupu IO1 přiváděn přes rezistor R7 do invertujícího vstupu IO2. IO2 je zapojen téměř stejně jako IO1, jediný rozdíl spočívá v uzemnění neinvertujícího vstupu IO2.

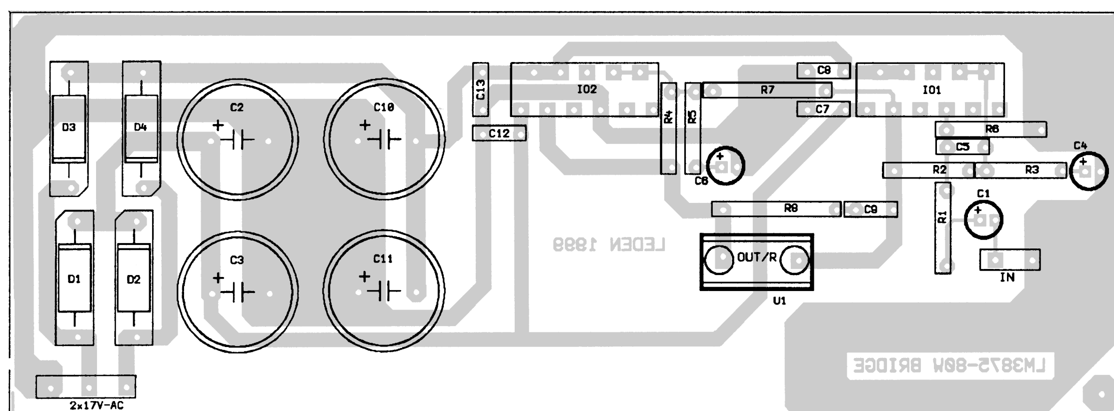
Reproduktor je zapojen do úhlopříčky můstku mezi výstupy IO1 a IO2. Protože tyto výstupy mají téměř nulové stejnosměrné napětí, nehrozí v provozu zničení kmitací cívky reproduktoru vinou stejnosměrného proudu.

Kmitání v nadakustickém pásmu je potlačeno známým Boucherottovým členem, složeným z rezistoru R8 a keramického kondenzátoru C9. Boucherottův člen je připojen paralelně k výstupním svorkám pro reproduktor.

Napájecí zdroj je řešen klasickým způsobem. Střídavé napětí z toroidního transformátoru, který je použit pro své malé rozměry a velice malé rozptylové pole, je usměrněno čtyřmi výkonovými diodami zapojenými do Graetzova můstku. Použitím odbočky



Obr. 36. Obrazec plošných spojů zesilovače 80 W s 2x LM3875 pro subwoofer A



Obr. 37. Rozmístění součástek zesilovače 80 W s 2x LM3875 pro subwoofer A na desce s plošnými spoji

na sekundárním vinutí transformátoru je bez velkých obtíží zajištěno požadované napájecí napětí obou polarit. Usměrněné napětí je v kladné i záporné napájecí větvi vyhlazeno elektrolytickými kondenzátory C2, C3, C10 a C11.

Všechny součástky zesilovače jsou (s výjimkou síťového transformátoru) umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec plošných spojů je na obr. 36, rozmístění součástek na desce je na obr. 37.

Osazení desky a oživení zesilovače by nemělo činit nejmenší obtíže. Nejdříve zkontrolujte, zda nejsou spoje na desce přerušeny, a neobsahuje-li deska vlasové trhliny, bubliny a měděné můstky. Pak zkontrolujte digitálním multimetrem průchodnost a případně svodový odpor pasivních součástek. Tím si ušetříte spoustu času při hledání chyb, když zesilovač nevydá po zapnutí ani hlásku. Pro připojení reproduktoru je k desce připájena třípólová šroubovací svorkovnice U1 typu ARK s odstraněnou střední svorkou.

Je nutno mít na paměti, že pouzdro výkonového IO je spojeno se záporným pólem napájení. Pokud chceme spojit chladič IO s kostrou zesilovače (tj. se zemí - GND), musíme pouzdro IO od chladiče izolovat. K izolaci je nejvhodnější slídová podložka, kterou pro zvětšení přenosu tepla lehce potřeme z obou stran silikonovou vazelínou.

Také se nepokoušejte zkoušet zesilovač bez namontovaného chladiče. Integrovaný obvod se klidovým proudem zahřívá natolik, že po chvíli hrozí nevratná destrukce IO.

Aby se zabránilo výkonovému přetížení IO, nesmí napájecí napětí zesilovače překročit velikost ±25 V.

Stejnosměrné napětí mezi výstupními svorkami by nemělo překročit 20 mV. Proměřováním několika funkčních vzorků bylo zjištěna veliká stabilita zapojení i bez použití doporučených výstupních tlumivek s paralelním rezistory. Dosahovaný sinusový výkon zesilovače se pohyboval okolo 98 W při intermodulačním zkreslení 0,2% v pásmu kmitočtů 20 Hz až 30 kHz (při poklesu kmitočtové charakteristiky o 3 dB).

Zesílení napětí lze v určitých mezích upravit změnou odporů rezistorů R3 a R5 (v obou polovinách můstku současně), doporučuji však navržené zesílení ponechat.

Seznam součástek

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1	4,7 kΩ
R2, R4	20 kΩ
R3, R5	1 kΩ
R6	22 kΩ
R7	24 kΩ
R8	4,7 Ω

Kondenzátory

C1	4,7 µF/25 V, SKR
C2, C3, C10, C11	4700 µF/35 V, SKR
C4, C6	10 µF/25 V, SKR
C5	330 pF, keram.
C7, C8, C12, C13	100 nF/40 V, keram.
C9	220 nF/40 V, keram.
C100	10 nF/630 V, TC 208

Polovodiče

D1, D2, D3, D4	1N5402
IO1, IO2	LM3875

Ostatní součástky

PO1	trubičková pojistka 5 x 20 mm, 0,5 A/F
TR1	transformátor toroidní, 230 V//2x 17 V/100 VA
U1	svorka ARK 550/3

Deska s plošnými spoji, distanční sloupky, slídové podložky, silikonová vazelína, chladič ZH610

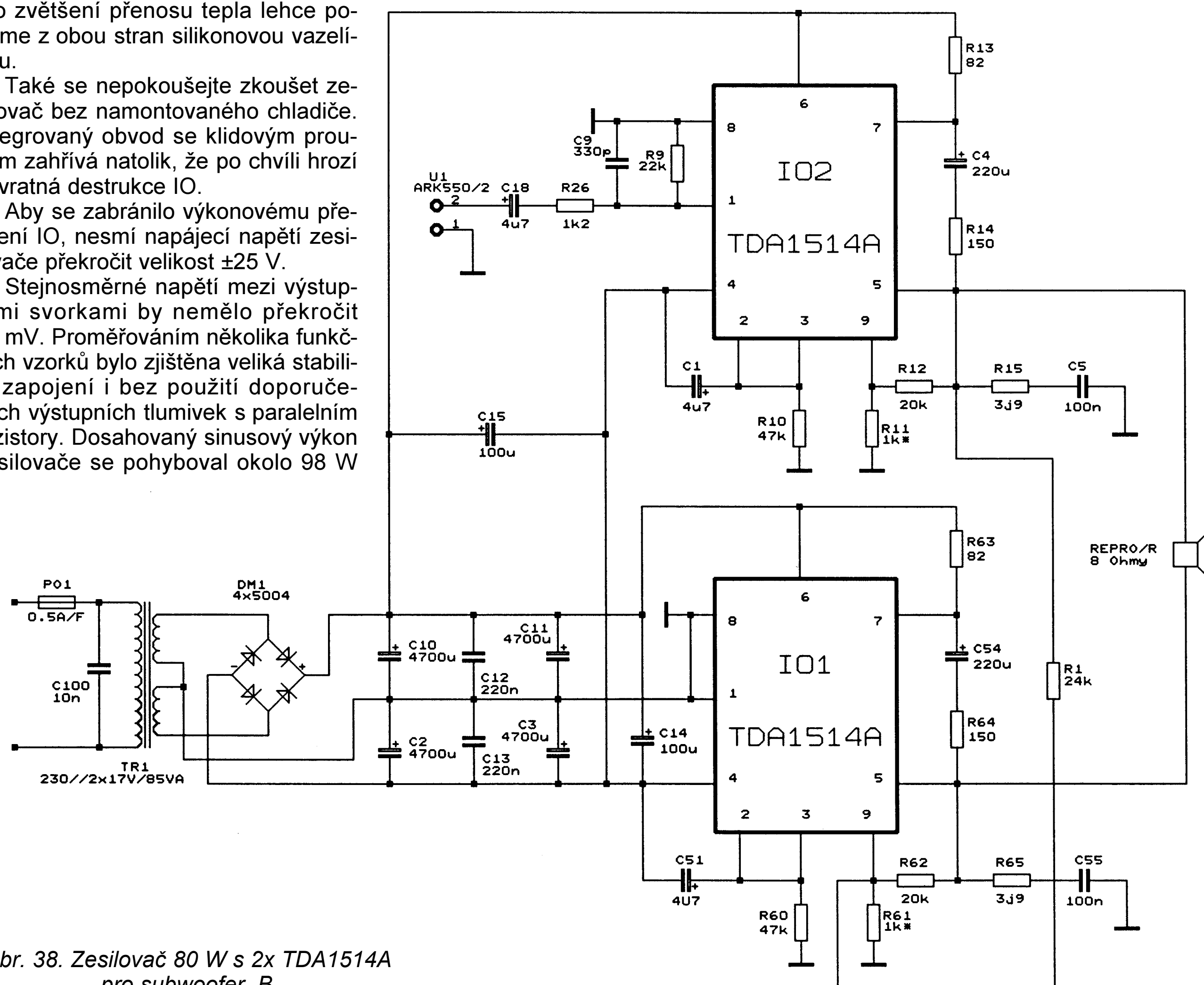
Zesilovač 80 W pro subwoofer B

Pro konstruktéry uvádím ještě jednu variantu můstkového zesilovače pro subwoofer o výkonu 80 W, který je osazen párem velice spolehlivých a známých výkonových monolitických zesilovačů TDA1514A.

Konstrukce zesilovače je opět velice jednoduchá a obsahuje vše potřebné na jedné desce s plošnými spoji, jak je pro tyto konstrukce obvyklé.

Schéma zapojení tohoto zesilovače pro subwoofer B je na obr. 38.

Napájecí zdroj je řešen klasickým způsobem. Střídavé napětí z toroidního transformátoru je usměrněno Graetzovým můstkem se čtyřmi výkonovými diodami D5 až D8. Usměrněná napájecí napětí v kladné i záporné



Obr. 38. Zesilovač 80 W s 2x TDA1514A pro subwoofer B

větvi jsou vyhlazena elektrolytickými kondenzátory C2, C3, C10, C11 a keramickými kondenzátory C12 a C13.

Můstkový výkonový zesilovač je tvořen obvody IO1 a IO2 typu TDA1514A, mezi jejichž výstupy je zapojen reproduktor o impedanci 8 Ω. Při napájecím napětí ±25 V dodá zesilovač do reproduktoru trvalý sinusový výkon nejméně 80 W.

Nízkofrekvenční signál je přiváděn ze vstupní svorky U1 přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C18 a dolní propust, složenou z rezistoru R26 a kondenzátoru C9, na neinvertující vstup IO1 (vývod *1*). Dolní propust je použita pro zvětšení stability zesilovače. Odpor rezistoru R9 určuje vstupní odpor zesilovače.

Napěťové zesílení IO1 je nastaveno dělicím poměrem odporového děliče, tvořeného rezistory R12 a R11.

Signálem z výstupu IO1 je přes R1 buzen druhý výkonový obvod IO2. Aby byl výstupní signál na výstupu IO2 v protifázi vůči signálu na výstupu IO1 (jak je potřebné pro funkci můstku), je IO2 buzen do invertujícího vstupu (vývod *9*).

Kmitání zesilovače v nadakustickém pásmu je potlačováno známými Boucherottovými členy, které jsou připojeny mezi výstupy IO1 a IO2 a zem. Boucherottovy členy jsou složeny z rezistorů R15 a R65 a keramických kondenzátorů C5 a 55.

Pro zvětšení rozkmitu výstupního napětí mají IO1 a IO2 podle doporučení výrobce zapojenou kladnou zpětnou vazbu typu bootstrap. U IO2 je tato vazba zavedena rezistory R13, R14 a elektrolytickým kondenzátorem C4, u IO1 je zavedena rezistory R63, R64 a elektrolytickým kondenzátorem C54.

Členy *RC*, složené z R10 a C1 u IO2 a z R60 a C51 u IO1 zajišťují opožděné připojení reproduktorů (s prodlevou asi 2 s). Toto zpoždění zamezuje rázům v reproduktorech při zapnutí napájení. Rázy by byly způsobeny nabíjením vyhlazovacích elektrolytických kondenzátorů v napájecím zdroji.

Napájení IO1 a IO2 je filtrováno elektrolytickými kondenzátory C14 a C15.

Všechny součástky zesilovače (až na síťový transformátor) jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec plošných spojů je na obr. 39, rozmístění součástek na desce je na obr. 40.

Osazení a oživení tohoto zesilovače bude trvat asi 3 hodiny a nemělo by činit nejmenší obtíže. Pro osazování a oživování platí stejné zásady a postup jako u zesilovače pro subwoofer A.

Před oživováním musí být obvody IO1 a IO2 přimontovány k chladiči, protože už samotný klidový proud obvody značně zahřívá.

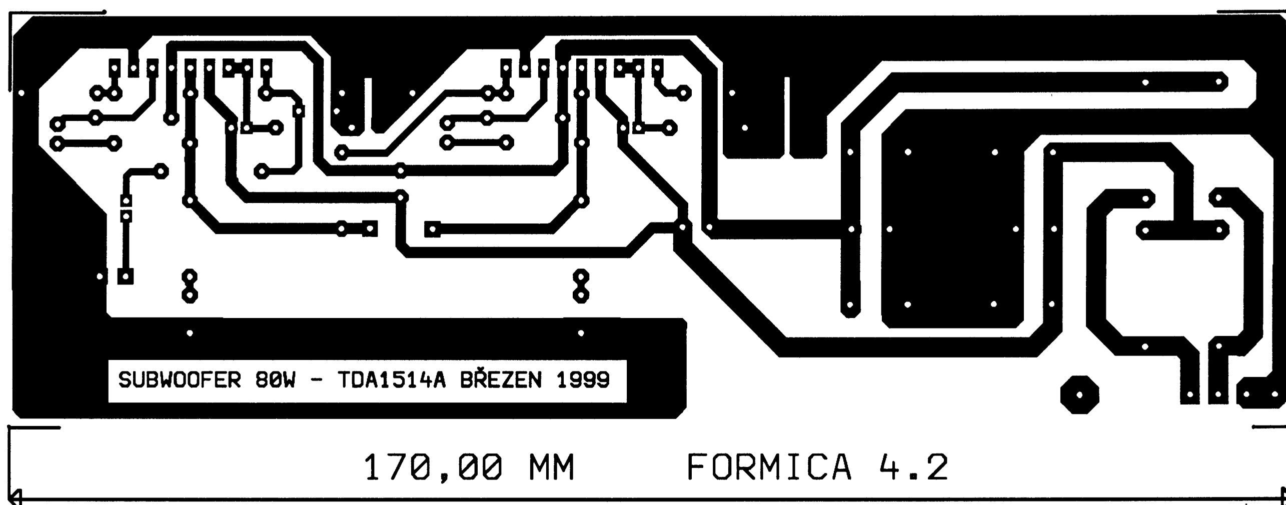
Obvody TDA1514A mají pouzdro spojené se záporným pólem napájení, takže pokud chceme mít chladič spojený s kostrou (zemí) zesilovače, musíme pouzdra obvodů od chladiče izolovat. K izolaci je nejvhodnější slídová podložka, která je pro lepší přestup tepla z obou stran lehce potřena silikonovou vazelínou.

Napájecí napětí bez zatížení by nemělo být větší než ±25 V, stejnosměrné napětí mezi výstupními svorkami pro reproduktor by nemělo překročit 20 mV.

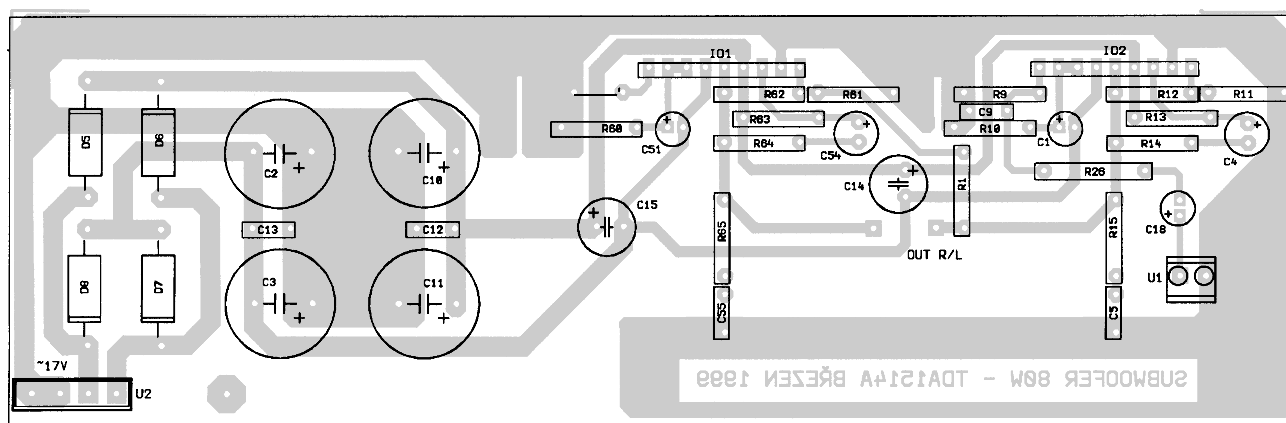
Zesilovač je velmi stabilní a dosahovaný sinusový výkon je, podobně jako u předchzího zesilovače pro subwoofer A, asi 98 W při zkreslení 0,2 % v akustickém pásmu 20 Hz až 30 kHz (-3 dB).

V malých mezích můžeme měnit zesílení současnou změnou odporů rezistorů R11 a R61, doporučuji však ponechat navržené optimální zesílení.

Navržená citlivost zesilovače je dostatečná pro nejrůznější zdroje signá-



Obr. 39. Obrazec plošných spojů zesilovače 80 W s 2x TDA1514A pro subwoofer B



Obr. 40. Rozmístění součástek zesilovače 80 W s 2x TDA1514A pro subwoofer B na desce s plošnými spoji

lu. Jedním ze zdrojů může být např. korekční zesilovač.

Seznam součástek

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1	24 kΩ
R9	22 kΩ
R10, R60	47 kΩ
R11, R61	1 kΩ
R12, R62	20 kΩ
R13, R63	82 Ω
R14, R64	150 Ω
R15, R65	3,9 Ω
R26	1,2 kΩ

Kondenzátory

C1, C18, C51	4,7 μF/25 V, SKR
C2, C3, C10, C11	4700 μF/35 V, SKR
C4, C54	220 μF/35 V, SKR
C5, C55	100 nF/40 V, keram.
C9	330 pF/100 V, keram.
C12, C13	220 nF/40 V, keram.
C14, C15	100 μF/63 V, SKR
C100	10 nF/630 V, TC 208

Polovodiče

D5, D6, D7, D8	1N5402
IO1, IO2	TDA1514A

Ostatní součástky

PO1	trubičková pojistka 5 x 20 mm, 0,5 A/F
TR1	transformátor toroidní, 230 V//2x 17 V/85 VA
U1	svorka ARK 550/2

Deska s plošnými spoji, distanční sloupky, slídové podložky, silikonová vazelína, chladič ZH610

Výhybka pro subwoofer

Sebedokonalejší jediná reproduktorová soustava nemůže vytvořit dojem bezprostředního poslechu, protože bude scházet informace o rozmístění jednotlivých zdrojů akustického signálu v prostoru.

Prostorovou orientaci zajistíme např. stereofonní reprodukcí zvuku.

Módním hitem se staly reproduktorové kombinace se společnou hlubokotónovou jednotkou, zvanou subwoofer. V tomto akustickém řetězci se nízké kmitočty (do 200 Hz), které nemají vliv na lokalizaci zdroje zvuku, reprodukují monofonně subwooferem o velkém vnitřním objemu a střední a vysoké kmitočty, které jsou důležité pro dosažení stereofonního směrového efektu, se vyzařují dvěma menšími, tzv. satelitními reproduktorovými soustavami.

Schéma zapojení výhybky pro subwoofer je na obr. 41. Vstupní signály levého (IN/L) a pravého (IN/R) kanálu jsou jsou do výhybky zavedeny přes oddělovací zesilovače s IO1A a IO4A. Vstupní odpor oddělovacích zesilovačů určují rezistory R1 a R14.

Signál pro buzení subwooferu se vytváří sčítáním signálů levého a pravého kanálu odporovým součtovým členem (R5, R15) a následnou filtrací součtového signálu aktivní dolní propustí s operačními zesilovači IO2 a IO3.

Signály pro buzení satelitů jsou získávány ze signálů levého a pravého kanálu odfiltrováním nízkých kmitočtů aktivními horními propustmi s operačními zesilovači IO1B a IO4B.

Výstupní signály výhybky musí být před zavedením do reproduktorů výkonově zesíleny - např. zesilovači, popsanými v předchozích kapitolách.

Ve výhybce jsou použity operační zesilovače NE5532 a NE5534 s malým šumem, které lze případně nahradit (za cenu malého zhoršení parametrů) operačními zesilovači řady TL07x.

Dělicí kmitočet výhybky je volen 150 Hz, strmost kmitočtových charakteristik filtrů je 12 dB/okt. Ve filtrech jsou použity rezistory s tolerancí odporu 1 % a kondenzátory s tolerancí kapacity 5 %. Pokud byste chtěli použít jiný dělicí kmitočet, je možné hodnoty součástek filtrů přepočítat.

Blokovací keramické kondenzátory o kapacitě 220 nF, zapojené v obou napájecích větvích, zvětšují stabilitu operačních zesilovačů a odstraňují rušivé složky napájecího napětí. Tyto kondenzátory je nutno umístit co nejblíže k napájecím vývodům jednotlivých integrovaných obvodů. Rezistory R4, R10 a R13 zabraňují kmitání operačních zesilovačů v nadakustickém pásmu při kapacitním zatížení výstupů výhybky dlouhými stíněnými kabely.

Zapojení výhybky je velice jednoduché, funkčně stabilní a nenáročné na oživení.

Výhybka může být umístěna v řídicím zesilovači nebo v mixažním pultu apod. Výhybku můžete napájet buď napájecím napětím řídicího zesilovače nebo napájecím napětím následujícího výkonového zesilovače. Pokud nejsou tato napájecí napětí stabilizována, je vhodné napájecí napětí pro výhybku stabilizovat alespoň jednoduchým stabilizátorem se Zenerovými diodami.

Problematika výhybek je natolik obtížná, že pro běžné radioamatéry bez patřičných teoretických znalostí nemá smysl do návrhu zapojení příliš zasahovat a je lepší se raději přidržet předložených návodů.

Popsaná aktivní výhybka má nesporné výhody oproti pasivní výhybce v tom, že rozděluje kmitočtové pásmo při malé úrovni signálů, takže ve filtrech nevznikají výkonové ztráty a neuplatňuje se intermodulační a harmonické zkreslení. Určitou nevýhodou aktivní výhybky jsou její větší pořizovací náklady.

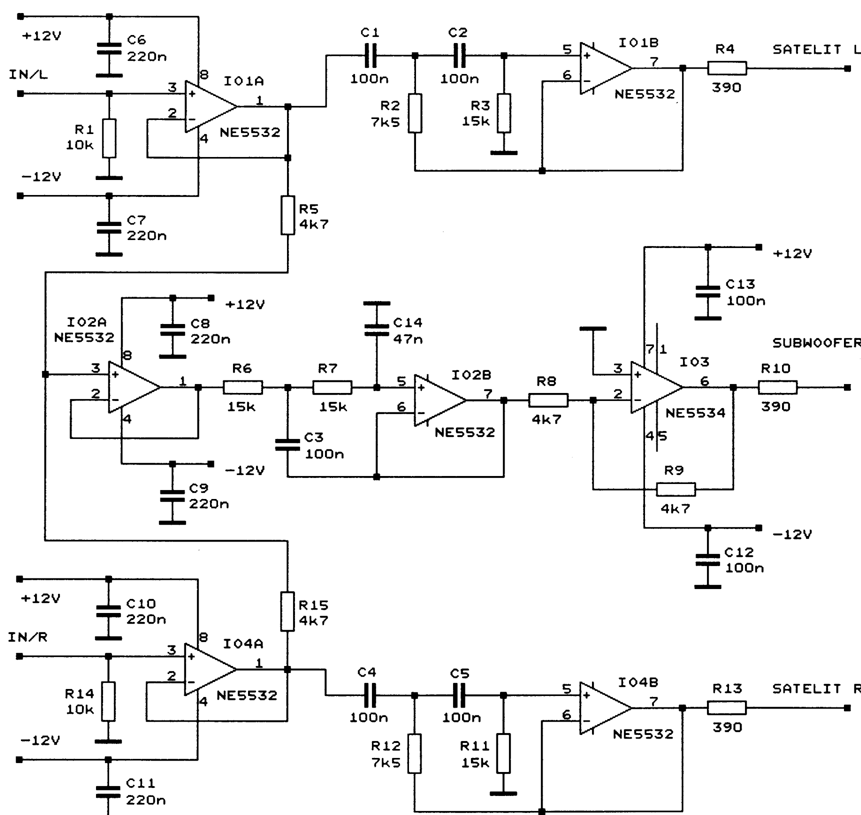
Seznam součástek

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1, R14	10 kΩ
R2, R12	7,5 kΩ
R3, R6, R7, R11	15 kΩ
R4, R10, R13	390 Ω
R5, R8, R9, R15	4,7 kΩ

Kondenzátory

C1, C2,



Obr. 41. Výhybka pro subwoofer

C3, C4, C5	100 nF/5 %, TC 351
C6, C7,	
C8, C9,	
C10, C11	220 nF/40 V, keram.
C14	47 nF/5 %, TC 351
C12, C13	100 nF/40 V, keram.

Polovodiče

IO1, IO2,	
IO4	NE5532A (NE5532, TL072, B072)
IO3	NE5534A (NE5534, TL071)

Světelné a zvukové efekty

Barevná hudba

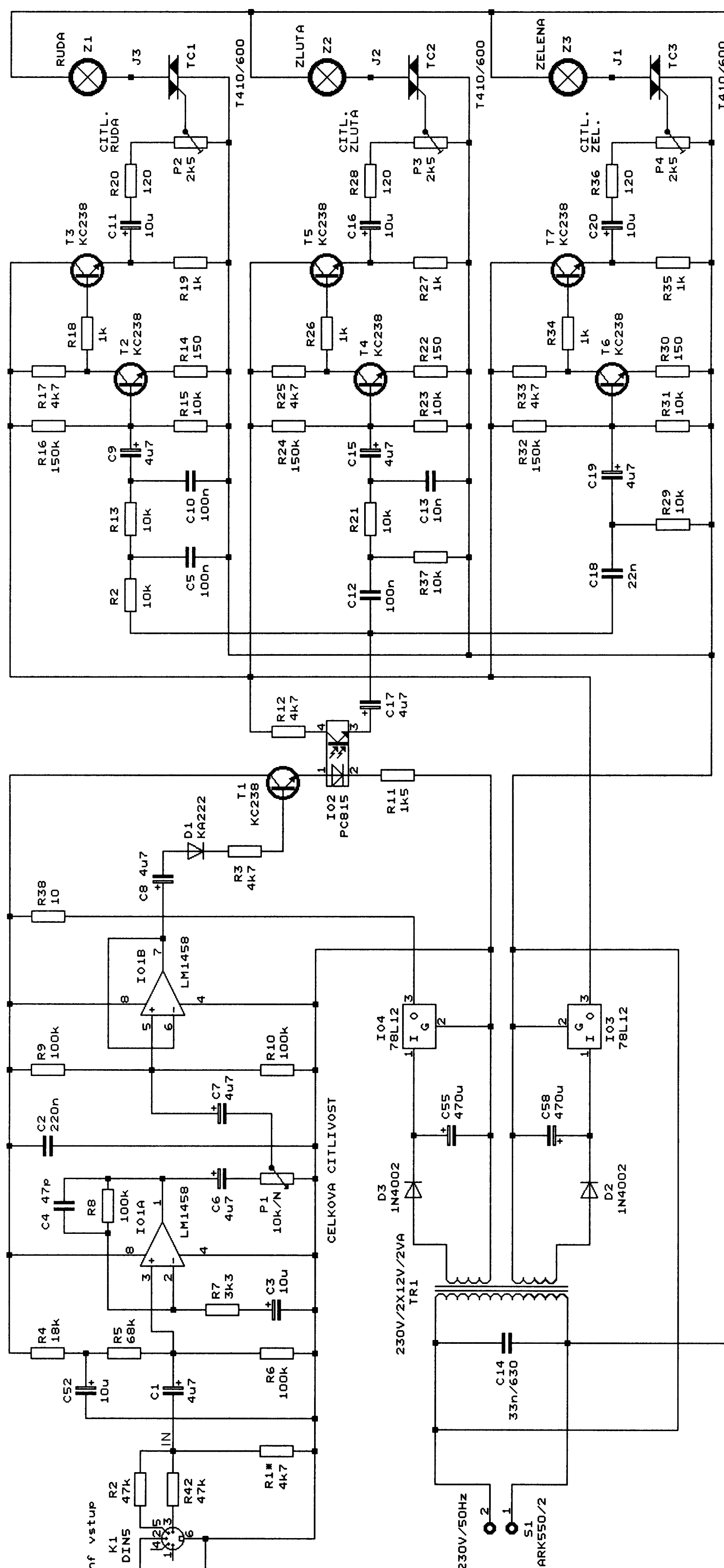
Velice populárním námětem pro „bastlení" radioamatérů jsou tzv. barevné hudby. Již mnoho jich bylo na stránkách odborných časopisů otištěno. Pro jejich velkou popularitu si uvedeme jedno zapojení, které je svou konstrukcí velice jednoduché.

Popisovaná barevná hudba má pouze tři kmitočtová pásma a nepoužívá žádnou inverzní žárovku. Tento typ hudby je vhodný na diskotéky nebo do místností, kde není úplná tma.

Pro výběr kmitočtových propustných pásem se používají pasivní filtry, které mají strmost 6 až12 dB/okt. Tato strmost bohatě pro barevné hudby vyhovuje. Větší strmost filtrů sice není na závadu, ale složitější filtry stavbu prodražují.

Schéma zapojení barevné hudby je na obr. 42.

Nízkofrekvenční signál je přiváděn přes slučovací rezistory R2 a R42 (tyto rezistory nejsou umístěny na desce s plošnými spoji) a oddělovací elektrolytický kondenzátor C1 do neinvertujícího vstupu IO1A. Rezistor R1 vhodně upravuje vstupní napěťovou citlivost. Napěťové zesílení předzesilovače s IO1A je nastaveno zpětnovazebním děličem s rezistory R8 a R7. Zpětnovazební dělič je galvanicky oddělen elektrolytickým kondenzátorem C3. Proti zákmitům v nadakustickém pásmu je předzesilovač ošetřen keramickým kondenzátorem C4. Zesílený nízkofrekvenční signál je přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C6 veden na regulační potenciometr P1 pro ovládání citlivosti. Signál z běžce P1 je veden přes další elektrolytický kondenzátor C7 na oddělovací zesilovač s IO1B. Předpětí pro neinvertující vstup je vytvářeno odporovým děličem napětí s rezistory R9 a R10. Invertující vstup je spojen s výstupem,

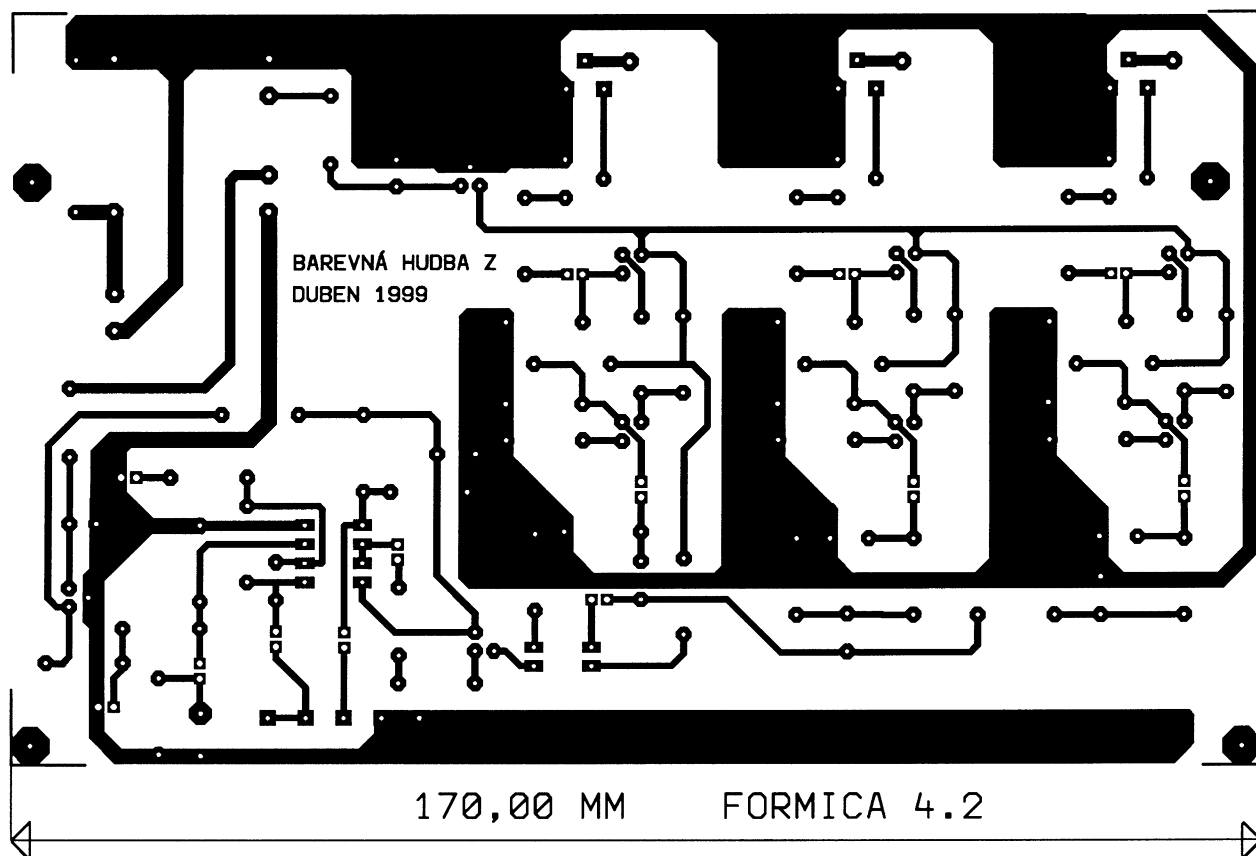


Obr. 42. Barevná hudba

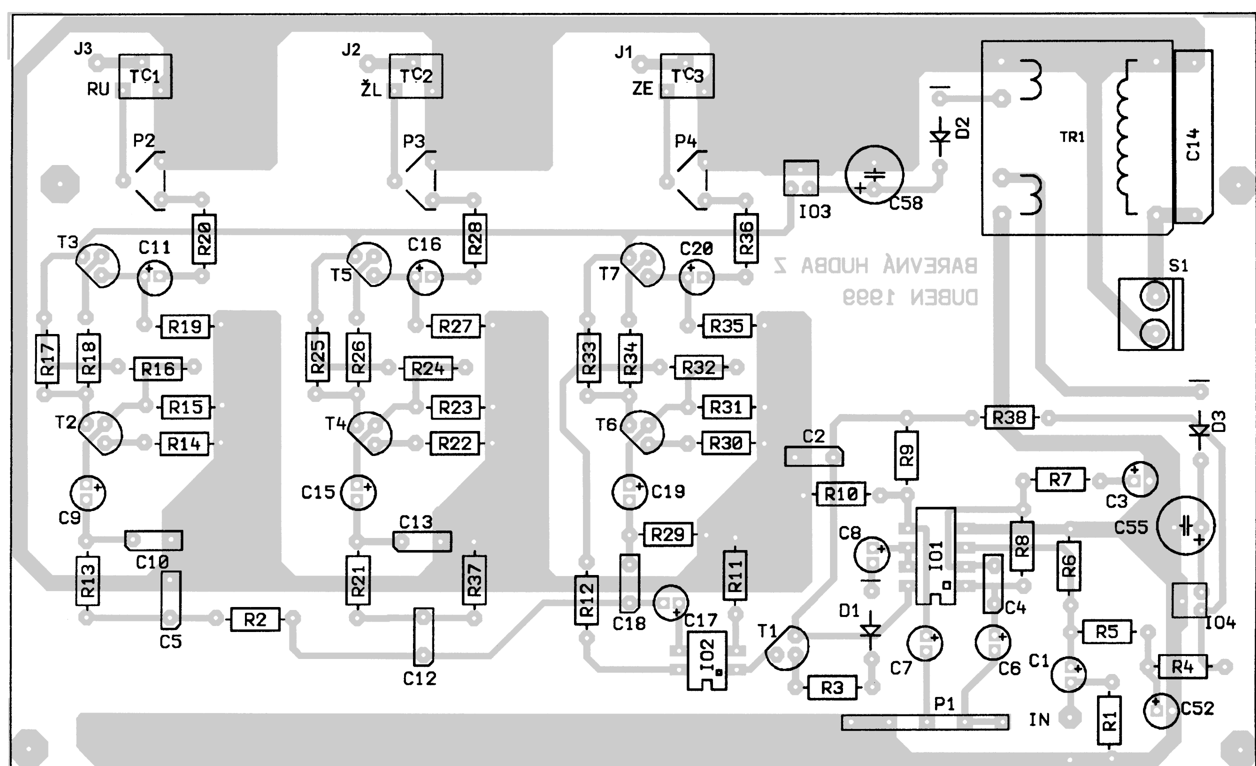
takže zesilovač má napěťové zesílení rovno 1. Výstup oddělovacího zesilovače je galvanicky oddělen elektrolytickým kondenzátorem C8. Nízkofrekvenční signál z výstupu IO1B je usměrňován diodou D1. Usměrněné

napětí přes rezistor R3 spíná tranzistor T1, který má v obvodu emitoru zapojenou anodu LED optoelektrického vazebního členu IO2. Pracovní proud LED je nastaven rezistorem R11. Optočlen přenáší nízkofrekvenční signál do pasivních výhybek jednotlivých filtrů. Fototranzistor optočlenu je navázán k výhybkám střídavě přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C17.

Na vstupu basového kanálu je dvojitá dolní propust se strmostí 12 dB/okt. Propust se složená z rezistorů R2 a R13 a kondenzátorů C5 a C10. Pro vyrovnání útlumu nízkofrekvenčního signálu je za touto propustí zapojen zesilovač s tranzistorem T2, jehož napěťové zesílení je nastaveno rezistory R17 a R14 na velikost asi 30. Pracovní bod T2 je nastaven rezistory R16 a R15. Za zesilovač je zařazen oddělovací emitorový sledovač s tranzistorem T3. Trimrem P2 se nastavuje po-



Obr. 43. Obrazec plošných spojů barevné hudby



Obr. 44. Rozmístění součástek barevné hudby na desce s plošnými spoji

žadovaná citlivost spínače žárovky rudé barvy pro basový kanál.

Střední kmitočty jsou odděleny pásmovou propustí, složenou z kondenzátorů C12 a C13 a rezistorů R21 a R37. Citlivost spínače žluté žárovky Ž2 se nastavuje trimrem P3.

Signál pro kanál výšek je oddělěn horní propustí, tvořenou článkem R29, C19. Citlivost spínače žárovky Ž3 zelené barvy se nastavuje trimrem P4.

Žárovky se spínají triaky TC1 až TC3. Triaky mají citlivost řídící elektrody 5 až 10 mA a propustný proud 4 A.

Vstupní zesilovač a filtry se spínači jsou napájeny ze dvou samostatných, galvanicky oddělených zdrojů.

Popisovaná barevná hudba je od podobných zařízení konstrukčně odlišná v tom, že je použit pouze jeden optočlen, který je zapojen mezi vstupní zesilovač a filtry.

Všechny součástky barevné hudby jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 43, rozmístění součástek na desce je na obr. 44.

Osazení a oživení barevné hudby je velice jednoduché a bezproblémové. Přístroj pracuje na první zapojení a jeho „určitou výhodou” je pouze jeden regulační prvek (potenciometr P1) pro nastavení celkové citlivosti. Poměr vzájemných citlivostí jednotlivých kanálů nastavíme trimry P2, P3 a P4 pomocí nízkofrekvenčního generátoru nebo hudby, bohaté na basy a výšky.

Seznam součástek

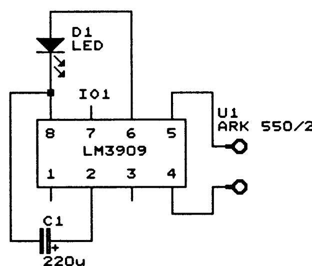
Rezistory (RR 0,5 W/1 %)	
R1, R3, R12, R17, R25, R33	4,7 kΩ
R3, R42	47 kΩ
R4	18 kΩ
R5	68 kΩ
R6, R8, R9, R10	100 kΩ
R38	10 Ω
R11	4,7 kΩ pro PC 815, 1,5 kΩ pro PC 817
R2, R13, R15, R21, R37, R23, R29, R31	10 kΩ
R18, R19, R26, R27, R34, R35	1 kΩ
R20, R28, R36	120 Ω
R14, R22, R30	150 Ω
Potenciometry	
P1	10 kΩ/N, TP 160A (5 kΩ až 50 kΩ/N)
P2, P3, P4	2,5 kΩ, trimr PT6H
Kondenzátory	
C1, C6, C7, C8, C9, C15, C17, C19	4,7 (2,2) µF/25 V, SKR
C3, C11, C16, C20, C52	10 (22) µF/25 V, SKR
C55, C58	470 µF/25 V, SKR
C4	47 (22 až 47) pF/40 V, keram.
C2	220 (100) nF/40 V, keram.
C5, C10, C12	100 nF, TC351
C13	10 (12) nF, TC351
C14	33 (10 až 33) nF/630 V, TC208
C18	22 (12 až 22) nF, TC351
Polovodiče	
IO1	MA1458 (TL082, NE5532)
IO2	PC815 (PC817)
IO3, IO4	78L12
T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7	KC238B (BC547B)
TY1, TY2, TY3	T410/600, triak 4 A/600 V
D2, D3	1N4002, dioda 0,7 A/200 V
Ostatní součástky	
S1	svorka ARK 550/2
TR1	transformátor do p. s., 230 V//2x 12 V/2 VA
K1	konektor DIN, 5 pólů
Z1, Z2, Z3	barevná žárovka (červená, žlutá, zelená), 230 V/40 (25 až 500) W

Blikače

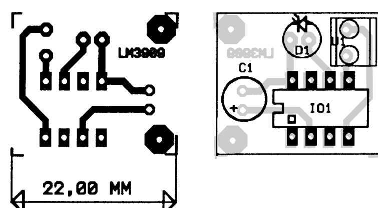
Popisované blikače vyžadují ke své činnosti minimální množství součástek, protože pracují s u nás stále častěji se objevujícím integrovaným obvodem LM3909. Tento IO je navržen speciálně pro použití v blikačích s LED a je vhodný zejména pro bateriové napájení. Lze jej však použít i pro generování akustických signálů.

Rychlost blikání se nastavuje velikostí kapacity vnějšího kondenzátoru, který spolu s vnitřním rezistorem tvoří časovací článek *RC* generátoru.

Na obr. 45 je nejjednodušší blikač, pracující na kmitočtu 1,5 Hz, který je napájen baterií o napětí 3 V. Baterie je připojena přes svorkovnici U1



Obr. 45. Nejjednodušší blikač



Obr. 46. Obrazec plošných spojů nejjednoduššího blikače a rozmístění součástek na desce

(ARK 550/2), kladný pól baterie je spojen s vývodem *5* IO1, záporný pól s vývodem *4* IO1. Blikač potřebuje ke své činnosti pouze elektrolytický kondenzátor C1. LED použijeme s malým příkonem o průměru 5 mm.

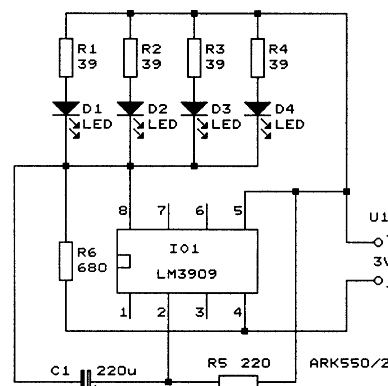
Součástky blikače jsou připájeny na malé destičce s plošnými spoji. Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce jsou na obr. 46.

Blikač se čtyřmi LED na obr. 47 vyžaduje ke své činnosti pouze elektrolytický kondenzátor s velkou kapacitou a dva rezistory. Kmitočet blikání je asi 1,5 Hz. Blikač je napájen baterií o napětí 3 V, která je připojena přes svorkovnici U1 (ARK 550/2).

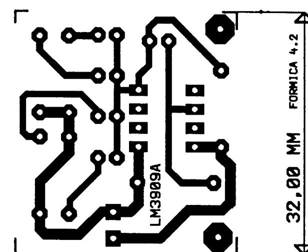
Součástky blikače jsou připájeny na desce s plošnými spoji. Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce je na obr. 48.

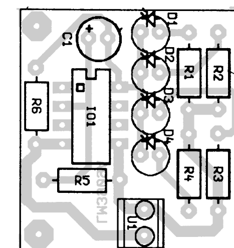
Seznam součástek blikače se čtyřmi LED

R1 až R4	39 Ω, RR
R5	220 Ω
R6	680 Ω
C1	220 µF/6,3 V, SKR
D1 až D4	LED
IO1	LM3909
U1	ARK 550/2, svorkovnice

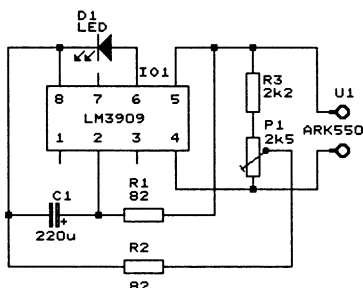


Obr. 47. Blikač se čtyřmi LED





Obr. 48. Obrazec plošných spojů blikače se čtyřmi LED a rozmístění součástek na desce



Obr. 49. Blikač s nastavitelným kmitočtem

Jako poslední zapojení s výborným integrovaným obvodem LM3909 si ukážeme blikač s nastavitelným kmitočtem, který můžeme trimrem P1 měnit v rozmezí od 0 až do 20 Hz. Schéma zapojení tohoto blikače je na obr. 49. Blikač se napájí napětím 3 V, kladný pól napájení je připojen na vývod *5* IO1, záporný pól na vývod *4* IO1.

Zapojení blikačů jsou tak jednoduchá, že by jejich stavbu měl zvládnout i úplný začátečník, který má alespoň základní zkušenosti s osazováním a pájením součástek do desky s plošnými spoji.

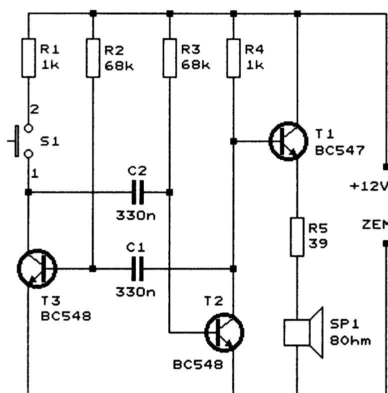
Lodní siréna

Zapojení sirény je na obr. 50. Tónový signál o kmitočtu asi 300 Hz je generován multivibrátorem s tranzistory T2 a T3. Kmitočet signálu lze měnit změnou kapacit kondenzátorů C1 a C2 (max. 1 μF) a odporů rezistorů R1 a R4 (max. 12 kΩ).

Signál je proudově zesilován tranzistorem T1 a je zaveden do malého reproduktoru SP1 o impedanci 8 Ω. Proud tranzistorem T1 omezuje rezistor R5, který však také zmenšuje hlasitost vydávaného zvuku.

Pokud použijeme výkonnější typ tranzistoru T1 (nejlépe „Darlington", např. BD679), tranzistor T1 opatříme chladičem, rezistor R5 nahradíme drátovou propojkou a použijete větší reproduktor se zatížitelností alespoň 2 W, pak vydávaný zvuk je velice silný, což může odradit třeba i nezvané zloděje.

Napájecí napětí sirény je 6 až 12 V.



Obr. 50. Lodní siréna

Zdroje a nabíječky

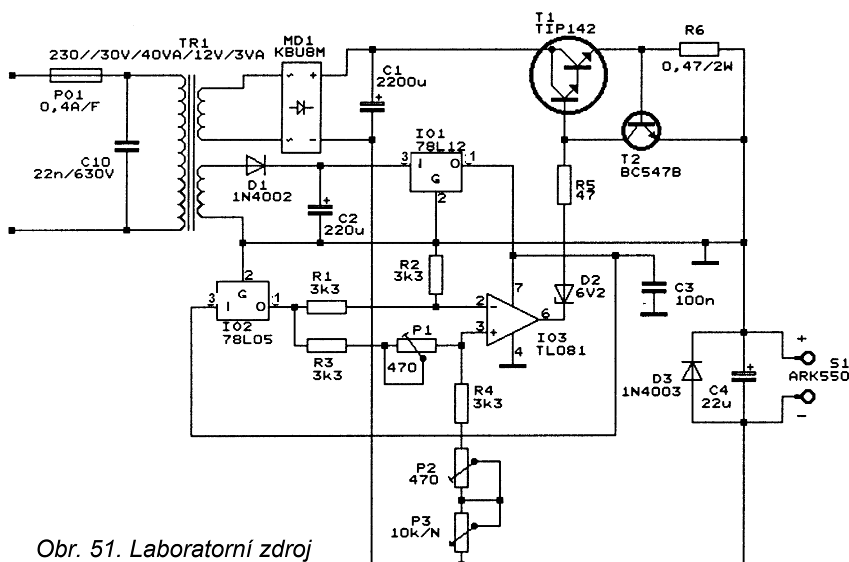
Laboratorní zdroj

Zdroj poskytuje regulovatelné stejnosměrné napětí 0 až 30 V/1,3 A.

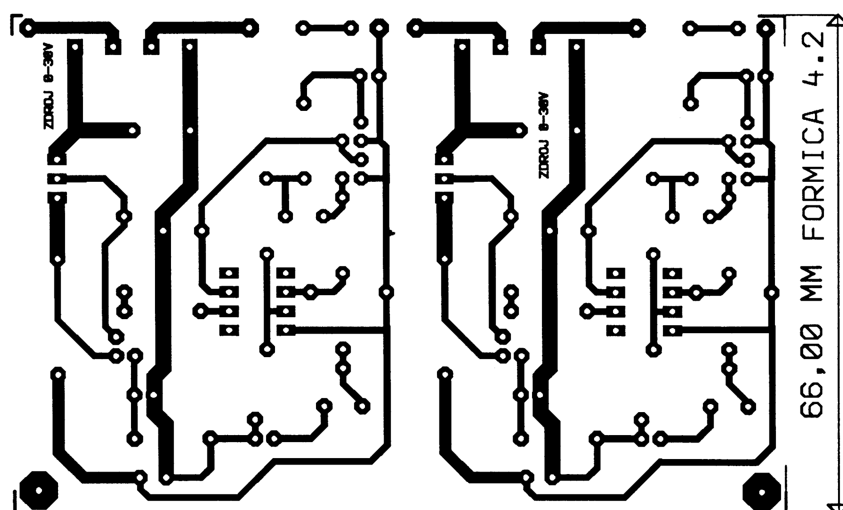
Schéma zdroje je na obr. 51. Deska s plošnými spoji je navržena tak, aby na ni bylo možno umístit součástky dvou stejných zdrojů a tak získat zdroj dvojnásobný. Pokud nám postačí zdroj jednoduchý, osadíme součástkami pouze jednu polovinu desky a druhou polovinu odstřihneme.

Zdroj je velice vhodný k experimentování při stavbě nejrůznějších přístrojů. Je odolný proti zkratu na výstupních svorkách a jeho činitel zvlnění, vzhledem k velice dobré filtraci a stabilizaci referenčního napětí, je taktéž velice dobrý. Zdroj se hodí i pro dobíjení malých akumulátorů. Výstupní napětí lze pohodlně ocejchovat na regulačním knoflíku potenciometru P3 nebo lze k výstupním svorkám připojit běžný voltmetr.

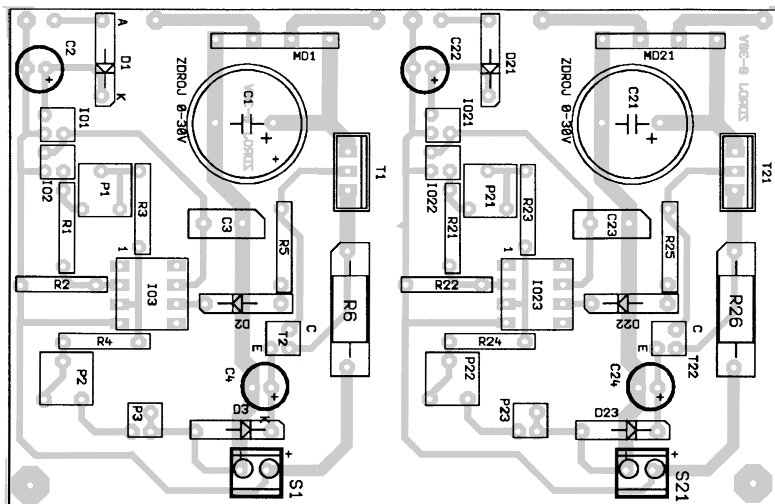
A nyní již k funkci. Střídavé napětí ze silového sekundárního vinutí síťového transformátoru TR1 je usměrňováno diodovým můstkem MD1 a filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C1. Řídicí integrovaný obvod IO3 je napájen samostatným pomocným napětím. Pomocné napětí je získáváno z pomocného vinutí síťového transformátoru. Střídavé napětí z pomocného vinutí je usměrňováno diodou D1, filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C2, stabilizováno třísvorkovým stabilizátorem IO1 a blokováno keramickým kondenzátorem C3. Referenční napětí je odvozeno z pomocného napětí dalším stabilizátorem IO2. Trimrem P1 se nastavuje na výstupních svorkách nulové napětí a trimrem P2 maximální napětí 30 V. Mezi výstupní svorky je připojen blokovací kondenzátor C4 a ochranná dioda D3. Na primární straně síťového transformátoru je zapojen odrušovací svitkový kondenzátor C10 a pojistka PO1. Výkonový regulační tranzistor T1 je řízen přes oddělovací Zenerovou diodu D2 a ochranný rezistor R5. Proudová



Obr. 51. Laboratorní zdroj



Obr. 52. Obrazec plošných spojů dvojitého laboratorního zdroje



Obr. 53. Rozmístění součástek dvojitého laboratorního zdroje na desce s plošnými spoji

ochrana je zajištěná rezistorem R6, na kterém vzniká průchodem výstupního proudu zdroje úbytek napětí. Když toto napětí dosáhne velikosti asi 0,65 V, otevře se tranzistor T2, který začne zavírat regulační tranzistor T1. Řídicí obvod IO3 neustále porovnává referenční napětí s napětím na odporovém děliči, složeném z R3, P1, R4, P2 a P3 a svým výstupem neustále „dotahuje" výstupní napětí zdroje na požadovanou velikost, nastavenou regulačním potenciometrem P3.

Součástky laboratorního zdroje jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 52, rozmístění součástek na desce je na obr. 53. Součástky prvního zdroje jsou očíslovány souhlasně se schématem (obr. 51), součástky druhého zdroje mají čísla o dvacet větší. Síťový transformátor v rozpisce je určen pro dvojitý zdroj. Pro jednoduchý zdroj postačí transformátor poloviční.

Výkonový tranzistor T1 musí být izolován od chladiče slídovou podložkou, jemně potřenou z obou stran silikonovou vazelínou.

Seznam součástek

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1, R2, R3, R4	3,3 kΩ
R5	47 Ω
R6	0,47 Ω/2 W

Potenciometry

P1, P2	470 Ω, PT6V, trimr
P3	10 kΩ/lin, potenciometr

Kondenzátory

C1	2200 μF/50 V, SKR
C2	220 μF/25 V, SKR
C3	100 nF/40 V, keram.
C4	22 μF/35 V, SKR
C10	22 nF/630 V, TC 208

Polovodiče

MD1	KBU 8M (KBU 4M)
IO3	TL081 (CA3140, LM741)
IO1	LM 78L12
IO2	LM 78L05
T1	TIP 142, npn Darlington
T2	BC 547B, npn
D1, D3	1N4003 (1N4002)
D2	BZX83/6V2 (5V6, 6V8)

Ostatní součástky

PO1	trubičková pojistka 5 x 20 mm, 0,4 A/F
TR1	transformátor toroidní, 230 V//30 V/40 VA; 12 V/4 VA; 30 V/40 VA; 12 V/4 VA
S1	svorka ARK 550/2

Deska s plošnými spoji, distanční sloupky, slídové podložky, silikonová vazelína, chladič ZH610

Nabíječka A s konstantním napětím

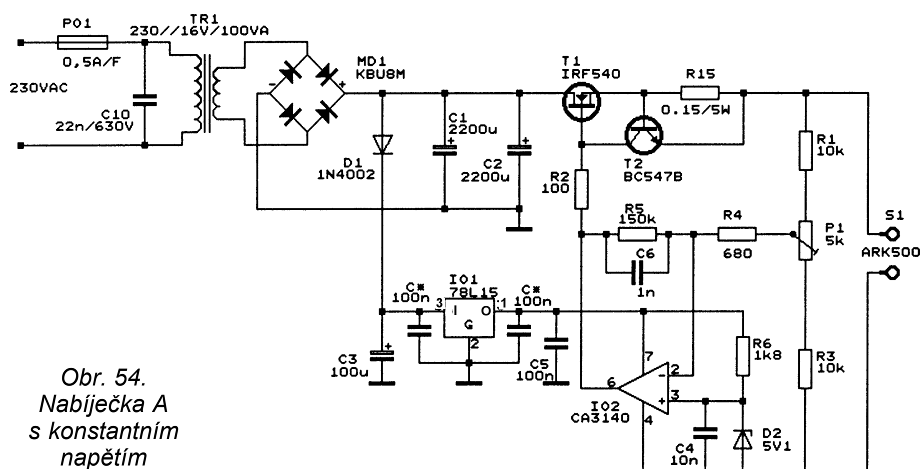
Velice oblíbenou oblastí radioamatérského kutění jsou nejrůznější nabíječky a dobíječky. Je až s podivem, jaké český radioamatér vymyslí konstrukce, jen aby svou téměř zničenou autobaterii nabil a obnovil její kapacitu na téměř plných 100 %. Jsou to konstrukce někdy velice dobré a dokonale propracované, ale jsou to někdy i konstrukce, které postrádají jakoukoliv logickou úvahu. Ale, jak se říká, „proti gustu žádný dišputát", takže jestliže to baterii nabíjí, tak proč ne.

O tom, zda použít nabíječky typu U (s konstantním napětím) nebo typu I (s konstantním proudem) se napsalo již mnoho polemik a názorů. Každý typ nabíječky má své nesporné výhody, ale též určité nevýhody. Většinou se pro nabíjení akumulátorových baterií v automobilech používají nabíječky typu I a těchto nabíječek bylo na stránkách odborných časopisů popsáno již mnoho. Proto si dovolím široké konstruktérské veřejnosti nabídnout nabíječku typu U s konstantním napětím. V zapojení je použit jako výkonový řídicí prvek moderní tranzistor MOSFET.

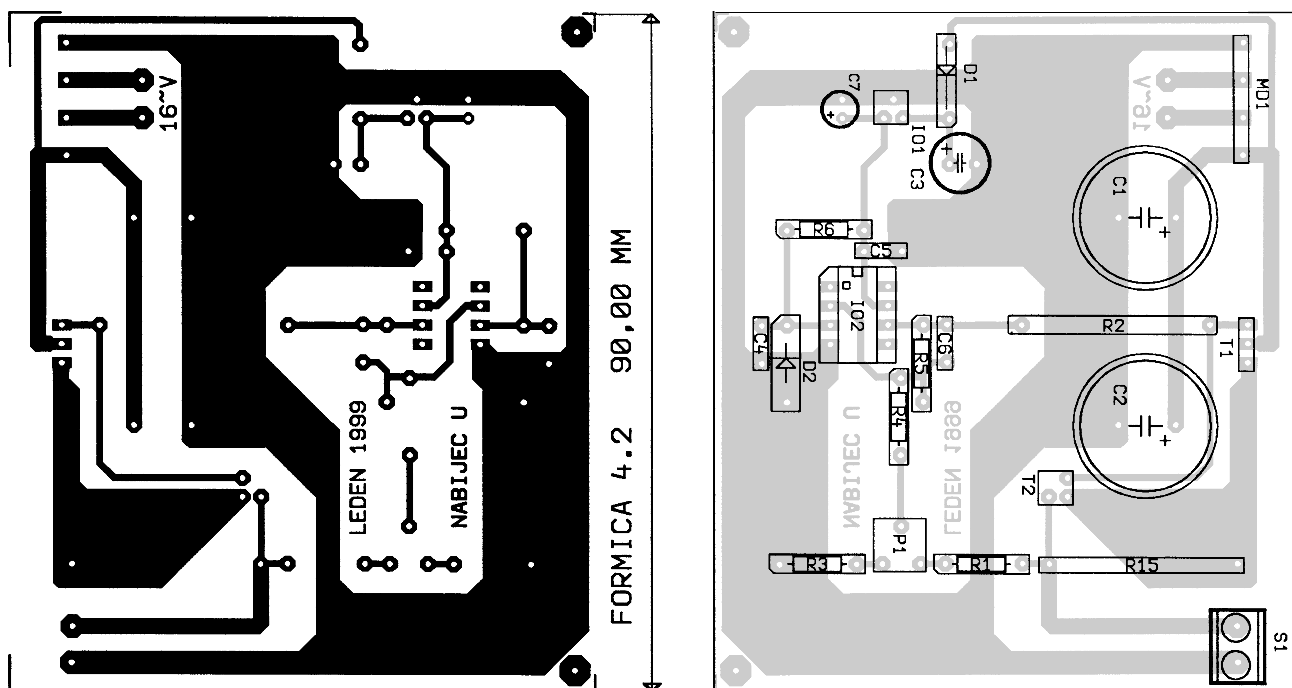
Schéma zapojení nabíječky je na obr. 54. Síťové napětí je přiváděno přes trubičkovou pojistku PO1 na primární vinutí bezpečnostního transformátoru. Pro výhodné rozměry doporučuji použít toroidní transformátor. Sekundární napětí je usměrněno diodovým můstkem. Tepavé stejnosměrné napětí je vyhlazeno elektrolytickými kondenzátory C1 a C2. Vyhlazené napětí je přes regulační tranzistor T1 vyvedeno na výstup nabíječky (na svorkovnici S1).

Operační zesilovač IO2 porovnává výstupní napětí nabíječky (zmenšené odporovým děličem R1, P1 a R3) s referenčním napětím a ovládá regulační tranzistor T1 tak, aby výstupní napětí bylo konstantní. Referenční napětí je získáno z vyhlazeného napětí na C1 a C2 stabilizací třísvorkovým stabilizátorem IO1 a Zenerovou diodou D2. Přímo z výstupu stabilizátoru IO1 je napájen operační zesilovač IO2. Zesílení operačního zesilovače je nastaveno rezistorem R5 a kmitočtově kompenzováno keramickým kondenzátorem C6.

Výstupní proud nabíječky je omezen na velikost 4,5 A obvodem s rezistorem R15 a tranzistorem T2. Při nabíjení akumulátoru vzniká průchodem nabíjecího proudu na rezistoru R15 úbytek napětí. Když při proudu 4,5 A tento úbytek překročí velikost 0,675 V, otevře se tranzistor T2, který



Obr. 54. Nabíječka A s konstantním napětím



Obr. 55. Obrazec spojů nabíječky A s konstantním napětím a rozmístění součástek na desce s plošnými spoji

zmenší buzení regulačního tranzistoru T1 a nedovolí další zvětšení nabíjecího proudu.

Součástky nabíječky jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 55.

Výkonový tranzistor T1 je izolován od chladiče slídovou podložkou, jemně potřenou z obou stran silikonovou vazelínou.

Po oživení nastavíme trimrem P1 výstupní napětí nabíječky na 15 V, tj. na plné napětí nabité akumulátorové baterie 12 V (2,5 V na článek).

Seznam součástek

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1, R3	10 kΩ
R2	100 (82 až 150) Ω
R4	680 Ω
R5	150 kΩ
R6	1,8 kΩ
R15	0,15 Ω/5 W

Potenciometry

P1	5 kΩ, PT6V, trimr

Kondenzátory

C1, C2	2200 μF/50 V
C3	100 μF/35 V
C*, C5	100 nF/40 V, keram.
C4	10 nF/40 V, keram.
C6	1 nF/40 V, keram.
C10	22 nF/630 V, TC 208

Polovodiče

MD1	KBU 8M
D1	1N4002
IO1	78L15 (78L12)
IO2	CA 3140
D2	BZX 83/5V1 (4V7, 5V6)
T1	IRF 540
T2	BC547B (KC238B)

Ostatní součástky

PO1	trubičková pojistka 5 x20 mm, 0,5 A/F
TR1	transformátor toroidní, 230 V//16 V/100 VA
S1	svorka ARK 550/2

Deska s plošnými spoji, slídová podložka, silikonová vazelína, chladič ZH610

Nabíječka B s konstantním napětím

Jako další ukázku velice jednoduché a spolehlivé nabíječky si představíme tranzistorovou nabíječku typu U (s konstantním napětím a omezeným proudem), která je doplněna chladicím ventilátorem a ochranou výstupních svorek proti zkratu a proti poškození opačně připojenou baterií.

Aby bylo možné vestavět tuto nabíječku do stejné skříňky jako dříve popsanou nabíječku [4] typu I, byly zachovány rozměry desky s plošnými spoji. Pokud byste však chtěli tuto desku vestavět do jiné skříňky, lze jednoduše nadbytečnou část desky odstřihnout.

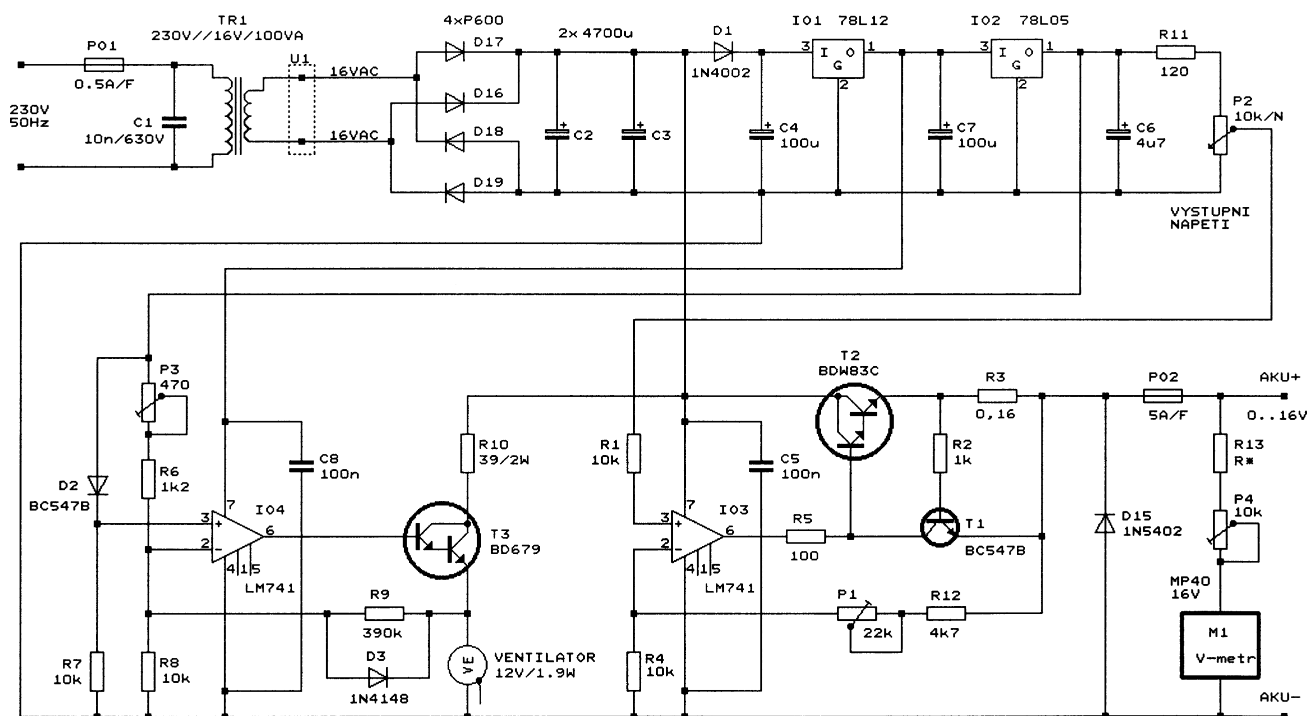
Schéma zapojení nabíječky je na obr. 56. Sekundární napětí ze síťového transformátoru TR1 se přivádí na usměrňovací diodový můstek, složený ze čtyř výkonových diod pro proudové zatížení 6 A. Usměrněné tepavé napětí o kmitočtu 100 Hz je vyhlazeno elektrolytickými kondenzátory C2 a C3. Pro napájení řídicích obvodů je toto vyhlazené napětí stabilizováno třísvorkovými stabilizátory IO1 a IO2. Mezi C3 a stabilizátory je zapojená oddělovací dioda D1. Z výstupu stabilizátoru IO1 je napájen regulační obvod ventilátoru a z výstupu stabilizátoru IO2 se odebírá referenční napětí pro řídicí obvod nabíječky a pro regulátor ventilátoru. Stabilizátory jsou zablokovány elektrolytickými kondenzátory C4, C6 a C7. Velikost referenčního napětí, přiváděného na invertující vstup operačního zesilovače IO3, je regulována potenciometrem P2 (P2 slouží pro ovládání výstupního napětí nabíječky). Operační zesilovač IO3 porovnává výstupní napětí nabíječky (zmenšené odporovým děličem s R12, P1, R4) s referenčním napětím a přes ochranný rezistor R5 ovládá výkonový regulační tranzistor T2 tak, aby výstupní napětí nabíječky bylo konstantní.

Maximální výstupní proud nabíječky je omezen obvodem proudové ochrany. Výstupní proud protéká rezistorem R3, na kterém vytváří úbytek napětí. Tímto napětím se přes ochranný rezistor R2 otevírá tranzistor T1, který zmenšuje proud báze výkonového tranzistoru T2 tak, že největší výstupní proud nabíječky je asi 4,3 A.

Maximální velikost výstupního napětí nabíječky se nastavuje trimrem P1 při vytočení regulačního potenciometru P2 úplně doprava. Protože potenciometr P2 má lineární průběh odporové dráhy, je výstupní napětí úměrné úhlu natočení hřídele P2.

Proti poškození opačně připojeným akumulátorem je nabíječka chráněna diodou D15 a pojistkou PO2. Při opačném pólování akumulátoru protéká diodou D15 proud a pojistka se přeruší.

Mezi výstupní svorky nabíječky je možno připojit např. ručkový měřicí přístroj (M1) pro měření výstupního napětí. Citlivost měřicího přístroje se nastaví rezistorem R13 a trimrem P4.

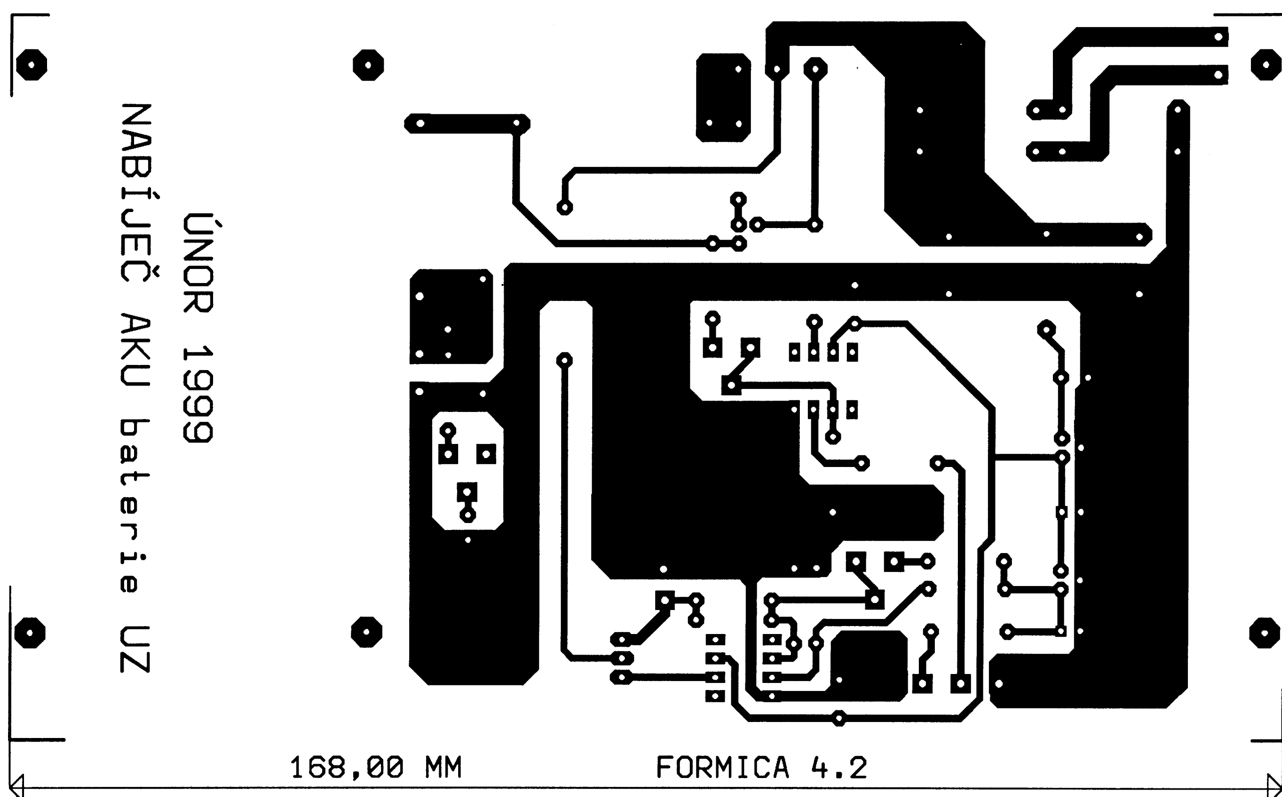


Obr. 56. Nabíječka B s konstantním napětím

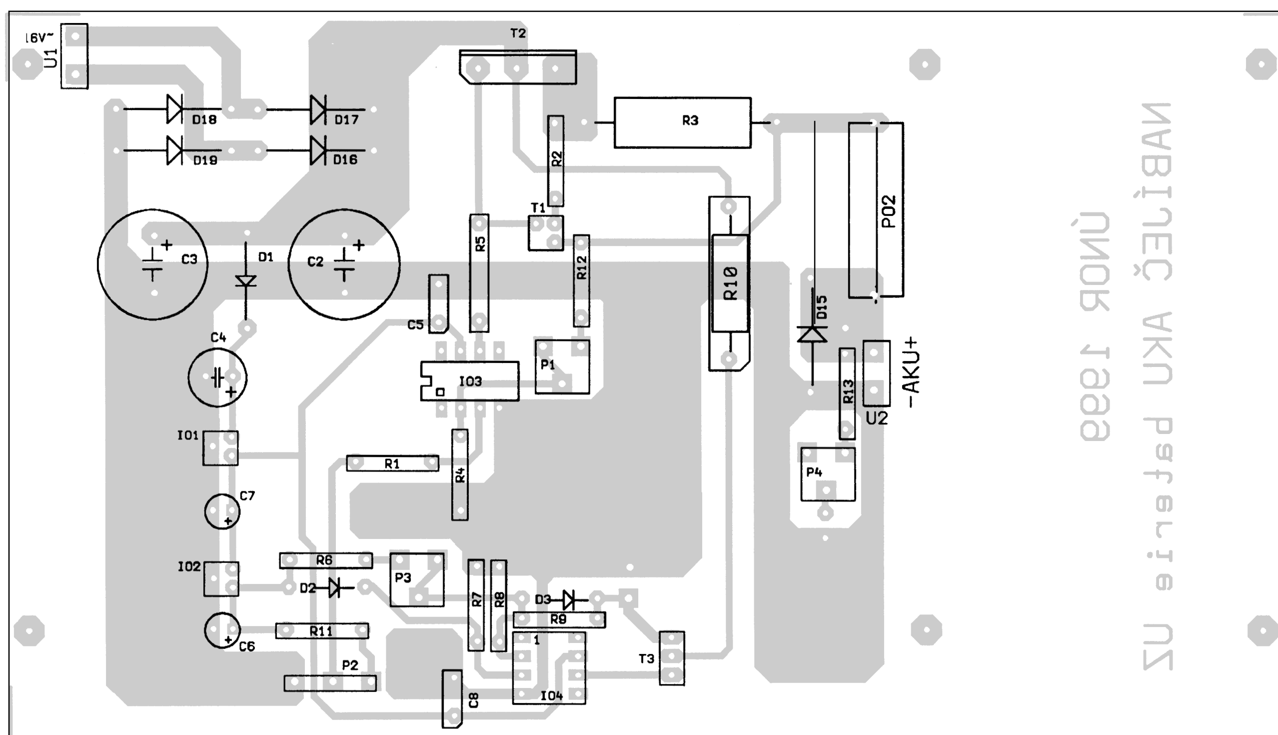
Nabíječka je doplněna ventilátorem pro nucené chlazení. Regulátor ventilátoru s plynulým zvětšováním počtu otáček při stoupající teplotě byl již několikrát podrobně popsán na stránkách odborných časopisů (např. v [5]) a proto ho zde nebudeme blíže rozebírat. Pro zmenšení ztrátového výkonu regulačního tranzistoru T3, který byl oproti původnímu zapojení změněn na výkonový Darlingtonův tranzistor, je do obvodu přidán „srážecí“ rezistor R10. Otáčky ventilátoru též závisí na velikosti napájecího napětí na kondenzátorech C2 a C3, ale to není na závadu.

Jestliže použijeme v nabíječi dostatečně dimenzován chladič tranzistoru T2, je možné, především při menších nabíjecích proudech do asi 2 A, ventilátorovou jednotku vůbec neosazovat a tím dále zmenšit pořizovací náklady. Doporučuji však tuto jednotku používat, protože nabíječky obvykle pracují ve velice drsných klimatických podmínkách a vhodné chlazení je namístě.

Jako čidlo teploty je použít tranzistor BC547B (KC238B), zapojený jako dioda (D2). Báze tranzistoru, spojená s kolektorem, slouží jako anoda diody, emitor je použit jako katoda. Tranzistor přilepíme vteřinovým le-



Obr. 57. Obrazec plošných spojů nabíječky B s konstantním napětím



Obr. 58. Rozmístění součástek nabíječky B s konstantním napětím na desce s plošnými spoji

pidlem k chladiči tranzistoru T2 nebo na některou z diod D16 až D19. Tranzistor pro snímání teploty též můžeme zapájet přímo do desky s plošnými spoji, pak se bude snímat teplota uvnitř skříňky.

Trimrem P3 se nastaví minimální otáčky ventilátoru při pokojové teplotě bez zátěže. Otáčky ventilátoru nelze v daném zapojení nastavit na nulu, to je však vlastně výhodné kvůli nutné cirkulaci vzduchu ve skříňce. Při minimálních otáčkách není ventilátor vůbec slyšet.

Napájecí vývody operačních zesilovačů jsou zablokovány keramickými kondenzátory C5 a C8. Na primární straně síťového transformátoru je zapojen obvyklý odrušovací svitkový kondenzátor C1.

Většina součástek nabíječky B je připájena na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 57, rozmístění součástek na desce je na obr. 58.

Výkonový tranzistor T2 je izolován od chladiče slídovou podložkou, jemně potřenou z obou stran silikonovou vazelínou.

Nastavení nabíječky je velice jednoduché. Pokud zkontrolujeme desku s plošnými spoji, proměříme součástky a pečlivě pájíme, pracuje nabíječka ihned na první zapojení.

Tuto nabíječku lze využít pro nabíjení všech nejběžnějších automobilových akumulátorových baterií.

Seznam součástek

Rezistory (RR 0,5 W/1 %)

R1, R4, R7, R8	10 kΩ
R2	1 kΩ
R3	2x 0,33 Ω/5 W, (paralelně spojené)
R5	100 Ω
R6	1,2 kΩ
R9	390 kΩ
R10	39 Ω/2 W
R11	120 Ω
R12	4,7 kΩ
R13	odpor podle použitého měřidla

Potenciometry

P1	22 kΩ, TP 011
P2	10 kΩ/N, TP 160A (5 kΩ až 50 kΩ/N)
P3	470 Ω, TP 011
P4	10 kΩ, TP 011

Kondenzátory

C1	10 nF/630 V, TC 208
C2, C3	4700 μF/35 V, SKR
C4, C7	100 μF/35 V, SKR
C6	4,7 μF/50 V, SKR
C5, C8	100 nF/50 V, keram.

Polovodiče

D1	1N4002
D2	BC547B (KC238B)
D3	1N4148 (KA222, KA206)
D15	1N5402
D16, D17, D18, D19	P600D
T1	BC 547B
T2	BDW83C
T3	BD679 (BD675, BD677)
IO3, IO4	LM741 (TL081)
IO1	LM 78L12
IO2	LM 78L05

Ostatní součástky

VE1	ventilátor 80 x 80 mm, 12 V/1,9 W
PO1	trubičková pojistka 5 x 20 mm, 0,5 A/F
PO2	trubičková pojistka 5 x 20 mm, 5 A/F
U1, U2	ARK 500/2
TR1	transformátor toroidní, 230 V//16 V/100 VA

Deska s plošnými spoji, chladič ZH610, spojovací materiál, distanční sloupky, slídová podložka, silikonová vazelína

Měřič průrazného napětí polovodičů

Přístroj měří průrazné napětí tranzistorů, diod, Zenerových diod apod. Oblast napěťového průrazu je to místo na voltampérové charakteristice polovodičových součástek, v němž se zanedbatelný závěrný proud začne při dalším mírném zvětšování napětí prudce zvětšovat (tzv. „koleno").

Měřič je zapojen jako zdroj malého konstantního proudu, který je schopen vytvořit na svých svorkách napětí až asi 240 V.

Schéma zapojení měřiče je na obr. 59. Transformátor TR1 je bezpečnostní typ a jeho sekundární napětí je 170 V. Sekundární napětí lze zvětšit až na 230 V. Tím se zvětší horní rozsah měřeného průrazného napětí, ale přístroj bude po drobných úpravách (zvětšení odporů rezistorů R3, R4) fungovat spolehlivě dále. Na primární straně TR1 je zapojen odrušovací svitkový kondenzátor C1 a trubičková pojistka. Po usměrnění sekundárního napětí diodovým můstkem je na elektrolytickém kondenzátoru C2 stejnosměrné napětí 240 V. C2 je z důvodů ekonomických a rozměrových složen ze čtyř paralelně zapojených menších kondenzátorů.

Při stisknutí tlačítka S1 protéká rezistorem R3 a Zenerovou diodou D2 proud asi 12 mA a na katodě D2 je referenční napětí 10 V pro zdroj proudu s tranzistorem T1. Potenciometrem P1 lze měnit velikost proudu tranzistorem T1 v rozmezí asi 0,9 až 42 mA. Rezistor R1 vybíjí kondenzátor C2.

Velikost proudu a průrazné napětí měříme digitálním multimetrem, který připojíme paralelně k výstupním svorkám měřiče (svorkovnice S2).

Na začátku měření průrazného napětí přepneme připojený digitální multimetr na proudový rozsah, stiskneme tlačítko S1 a potenciometrem P1 nastavíme požadovaný měřicí proud. Pak tlačítko S1 uvolníme, připojíme do výstupních svorek (nebo do kulaté objímky pro IO, kterou využijeme velice dobře na měření tranzistorů) měřenou součástku a multimetr přepneme na nejvyšší napěťový rozsah. Po stisknutí tlačítka S1 zobrazí multimetr měřené průrazné napětí.

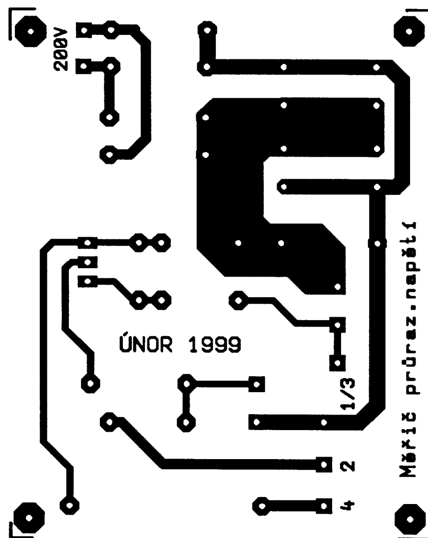
Součástky měřiče jsou připájeny na desce s plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 60, rozmístění součástek na desce je na obr. 61.

Tranzistor T1 je nutno opatřit dostatečně dimenzovaným chladičem, protože při proudu 40 mA a napětí 250 V je na tranzistoru rozptylován výkon 10 W. Tranzistor T1 musí být od chladiče izolován. Transformátor TR1 postačí pro výkon 10 VA, protože pracovní proud 40 mA budeme využívat výjimečně. Nejčastí volíme pracovní („průrazný“) proud tranzistorů v rozmezí 1 až 10 mA.

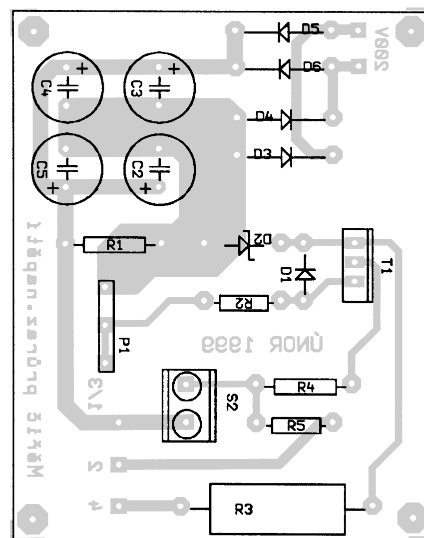
Seznam součástek

R1	220 kΩ/0,6 W
R2	220 Ω/0,6 W
R3	22 (27) kΩ/6 W
R4	820 (1500) Ω/1 W
R5	330 Ω/0,6 W
P1	10 kΩ/N, TP 160 (TP 160A) s plast. hřídelí
C1	10 nF/630 V, fóliový
C2	4x 10 μF/400 V, SKR
D1	1N4148 (KA222, KA206)
D2	BZX85/10 V
DM1	4x 1N4007 (1N4008)
T1	BU508A, npn, 600 V, 2 A
PO1	pojistka 0,1 A/F
TR1	transformátor, 230 V//170 V/10 A
S1	tlačítko Isostat, případně síťový přepínač
S2	svorka ARK 500/2

Chladič ZH 610, slídová podložka, silikonová vazelína, spojovací materiál, deska s plošnými spoji



Obr. 60. Obrazec plošných spojů měřiče průrazného napětí



Obr. 61. Rozmístění součástek měřiče průrazného napětí na desce

Závěr

Ke stavbě popsaných přístrojů postačí minimální vybavení, kromě digitálního 3,5místného multimetru a mikropáječky (např. ERS50) je vhodný generátor sinusového napětí o kmitočtu 1 kHz a osciloskop s kmitočtovým rozsahem alespoň 1 MHz.

Znovu upozorňuji na důležitost prvotní kontroly desek s plošnými spoji proti světlu s ohledem na přerušení, trhliny a měděné můstky. Právě podceněním této kontroly vznikají nepředvídatelné potíže při oživování. Snažte se dodržet předepsaná napájecí napětí a zbytečně nepřetěžujte výkonové operační zesilovače. Konstrukce nezkoušejte bez připojených chladičů!

Literatura

[1] *Zátopek, Z.:* Můstkový zesilovač s TDA1514. Praktická elektronika, č. 6/1998.

[2] *Zátopek, Z.:* Nízkofrekvenční hifi zesilovač 2x 40 W. Praktická elektronika, č. 9 a 10/1998.

[3] *Zátopek, Z.:* Nf výkonové zesilovače. Praktická elektronika, č. 12/1998.

[4] *Zátopek, Z.:* Nabíječka AKU s automatikou. Konstrukční elektronika, č. 5/1997.

[5] *Zátopek, Z.:* Doplňky a rady autora k nabíječce AKU s automatikou. Konstrukční elektronika, č. 4/1998.

[6] National Semiconductor: Aplikační zapojení IC master.

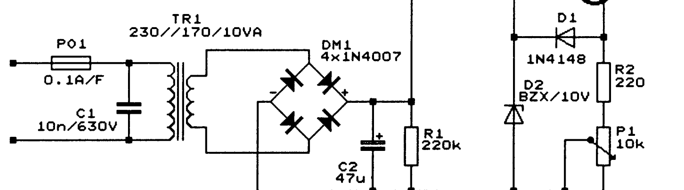
[7] Philips: Aplikační zapojení Power master.

[8] Motorola: Aplikační zapojení CMOS.

[9] Katalogy GM electronic, Hadex, Phobos Ostrava: polovodiče a pasivní součástky.

[10] Amatérské radio, řada A, ročníky 1996, 1997, 1998.

[11] Praktická elektronika, ročníky 1996, 1997, 1998.



Obr. 59. Měřič průrazného napětí